00053263

NOT TO BE ISSUED
OUT OF THE LIBRARY.

BOMBAY BRANCH
OF THE
Royal Asiatic Society.

Digitized with financial assistance from the
Government of Maharashtra
on 02 July, 2018

HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE

HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE,
DEPUIS LA FONDATION
DE L'ECOLE D'ALEXANDRIE
JUSQU'A L'ÉPOQUE DE M. DCC. LXXXII.

Par M. Bailly, Garde des Tableaux du Roi, de l'Académie des Sciences, de l'inſtitut de Bologne, & de l'Académie de Stockolm.

Magni animi res fuit rerum naturæ latebras dimovere, nec contentum exteriori ejus conſpectu introſpicere, & in Deorum ſecreta deſcendere.
Seneca, Quæſt. nat. Lib. VI. C. 5.

53263

TOME TROISIEME.

Gx e 8

00053263

A PARIS,
Chez les Freres Debure, Quai des Auguſtins, près la rue Pavée.

M. DCC. LXXXII.
Avec Approbation et Privilége du Roi.

HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS PREMIER.

Des nouveaux Progrès de l'Astronomie.

Le siecle dernier fut fertile en grandes découvertes ; tout étoit neuf dans l'étude de la nature, & le spectacle & les moyens. Un systême, celui de Copernic, ou nouveau, ou du moins récemment adopté, puisqu'il cessoit à peine d'être combattu, servoit de guide à toutes les recherches ; la vue prolongée par le télescope, les espaces rapprochés, un nombre de corps longtems inconnus & rendus visibles, aggrandissoient le domaine de l'Astronomie ; les instrumens perfectionnés permettoient des mesures plus exactes & des connoissances plus vraies ; une géométrie sublime, créée par l'intelligence

humaine, donnant plus de profondeur au calcul, avoit étendu le regard de la penſée, comme le téleſcope avoit multiplié la puiſſance de la vue. C'eſt avec ces nouveaux ſens & le génie de Newton, de Galilée, de Caſſini & de Halley, que le ciel rapproché de nous, les mouvemens longtems mal meſurés, les phénomènes mal vus & plus mal expliqués, furent ſoumis à une revue générale & à une inſpection attentive. La découverte du principe méchanique des mouvemens céleſtes, la connoiſſance de la loi primordiale fournit une nouvelle maniere de conſidérer les phénomènes. On vit ce qui doit être dans ce qui eſt, on put ſuivre la marche ſimple & uniforme des cauſes dans la complication ſouvent bizarre des effets. Newton ſaiſit l'enſemble des faits de la nature ; il a tout lié dans ſes méditations, comme elle dans ſes œuvres. Alors chaque pas du génie étoit marqué par l'acquiſition d'une vérité ; vérité qui étoit grande & intéreſſante, parce qu'elle étoit générale, & en même tems ſenſible, parce qu'elle étoit une des premieres conſéquences des phénomènes. L'immortel ouvrage du Philoſophe eſt devenu la baſe des connoiſſances humaines. Voilà le tableau que nous avons tracé.

Cependant de nouveaux progrès peuvent intéreſſer la curioſité, & demandent à être décrits pour completter notre ouvrage. Nous n'avons point développé la ſcience dans ſon entier. Cinquante années ont ajouté à ſa gloire ; nous devons dire ce qu'elle a acquis dans cet intervalle de tems, & ce qui lui manque encore. Les cinquante années écoulées depuis l'époque de 1730, cet intervalle qui nous reſte à parcourir a été marqué par un grand nombre de découvertes. Le tems a amené des phénomènes ſinguliers ; on a agité & ſouvent réſolu des queſtions importantes : en même tems la Géométrie s'eſt avancée, & a porté avec elle l'Aſtronomie. Mais les progrès

que l'Aſtronomie doit à ce puiſſant ſecours ne ſont pas auſſi ſenſibles que ceux qu'elle a faits ſeule & ſans aide; du moins les moyens du ſuccès ſont plus difficiles à décrire. Quand on a voulu ſuivre la cauſe primordiale dans tous ſes effets, les premières conſéquences épuiſées, il a fallu deſcendre aux conſéquences plus éloignées. Les difficultés ſont devenues plus grandes, la route plus obſcure, le ſuccès moins ſenſible & moins éclatant. Les recherches actuelles ſont environnées d'une eſpèce d'obſcurité née de leur profondeur; elles ſont ſemblables à ces opérations exécutées dans le ſein de la terre pour l'exploitation des mines. Les travaux commencent à la ſurface; le voyageur arrêté admire les premières richeſſes découvertes qui ſont ſous ſes yeux, qui ſont éclairées de la lumière du jour; tout le reſte eſt enſeveli pour lui. S'il a le courage de deſcendre avec les travailleurs, cette lumière vive l'abandonne; il ne marche plus qu'à la lueur des flambeaux, qui, dans ces profondeurs, laiſſent toujours à la nuit quelque choſe de ſon obſcurité. Mais ſi le Géometre, comme le mineur, deſcend par une route ſouterreine dans le ſein de la nature, l'Hiſtorien eſt le voyageur curieux, qui, ſorti de la mine, & rendu à la lumière du jour, raconte ce qu'il a vu. Il dévoile les myſtères de la nuit: il annonce qu'à telle vérité on a attaché telle autre vérité; qu'en s'appuyant ſur tel principe, le calcul a conduit à telle conſéquence; il peint les difficultés, il expoſe les moyens, quand ils peuvent être ſaiſis. Ainſi la marche de l'eſprit humain ſera ſuivie juſqu'à nos jours. On verra juſqu'où nous ſommes avancés dans la connoiſſance des phénomènes, depuis les Caſſini & les Halley, & dans la connoiſſance des cauſes, en ſuivant Newton.

Ces travaux ſont la gloire de la génération préſente. Si nous avons fait l'hiſtoire de tant de grands hommes des ſiecles paſſés,

ne devons-nous pas rendre compte des ſervices & des titres de nos contemporains? Il y a ſans doute du danger pour l'écrivain, qui entreprend de parler des gens vivans : il doit craindre en lui les préventions perſonnelles; il doit craindre dans les autres l'amour propre qui ſe plaint toujours. Mais fût-il parvenu au point de modération qui fait la juſtice, au degré d'indifférence où ſera un jour la poſtérité, il ne marche pas moins entre deux écueils, l'abus de la louange qui peut l'avilir, & la critique, même juſte, qui bleſſe infailliblement la vanité. Cependant ces écueils, ces périls ne ſe rencontrent & ne ſe multiplient que dans les détails, nous nous propoſons d'éviter ces détails; nous ne ſaiſirons que les grands objets, nous ne décrirons que les pas marqués de la ſcience; & en nous tenant à la hauteur de ces vues générales, nous pourrons, ſans offenſer perſonne, achever ce Tableau de l'Aſtronomie, & peindre les nouveaux efforts de l'eſprit humain.

Un de ces grands objets, le plus digne peut-être de l'admiration de la poſtérité, eſt la meſure de la terre. Il eſt important de connoître la figure & les dimenſions du globe. C'eſt à la Nation Françoiſe & à notre Académie des Sciences qu'eſt due cette connoiſſance. Le projet & les moyens furent propoſés dans l'Académie, ce ſont ſes membres qui ont achevé l'entrepriſe, ils ſe ſont dévoués à la fatigue, aux dangers, & Louis XV n'a point regretté cet emploi des dépenſes publiques. Newton, qui revela tant de ſecrets de la Nature, avoit déjà annoncé que la terre n'étoit point ſphérique. La peſanteur, diminuée par la force centrifuge, a dû élever l'équateur, tandis que le pôle s'eſt abaiſſé. Huighens avoit eu le bonheur de ſe rencontrer avec Newton; il avoit vu, comme lui, la terre s'applatir par ſa rotation diurne. Mais cette conſéquence naiſſoit d'une théorie, qui étoit encore

regardée comme un systême; elle apartenoit à un principe occulte, celui de l'attraction, à un principe infiniment difficile à admettre, du moins dans son universalité. Depuis le livre immortel des Principes de la Philosophie naturelle, on voyoit bien en général que les astres se mouvoient, comme s'ils étoient attirés l'un par l'autre : les phénomènes des corps célestes avoient, pour ainsi-dire, forcé la croyance; mais on doutoit peut-être encore si les petites parties de la matière subissoient la même loi que les grandes masses. D'ailleurs, quand un homme de génie montre une cause, qui a pu produire un effet inconnu, inobservé; on peut douter si la nature ne cache pas une autre cause qui a pu le détruire. Ces vues de l'esprit, ces conséquences d'un principe vraisemblable & reconnu juste dans une infinité de cas, peuvent servir de guides; mais les sciences ne marchent que par les faits & par les déterminations. Ce sont les bons esprits qui doutent, qui résistent pendant quelque tems; & qu'on ne se plaigne point de cette résistance, elle est souvent utile, sans pouvoir jamais nuire. La vérité triomphe des obstacles, & les erreurs, toujours foibles quand elles sont jeunes, sont les seules écartées.

L'applatissement de la terre, cette conséquence de la théorie de la gravité, avoit en effet rencontré de grands obstacles en France. Dominique Cassini, en suivant la méridienne de l'observatoire de Paris jusqu'à Amiens & jusqu'à Perpignan, avoit mesuré sept degrés de la terre. Nous avons dit que ces degrés, qui parurent diminuer (a) en allant du midi vers le nord, indiquoient un applatissement du globe, non au pôle, mais à l'équateur. Ces mesures prolongées vers le nord, donnerent le même résultat. Le Marquis de Poleni avoit proposé en 1729

(a) *Suprà*, Tome II, page 657.

de mesurer les degrés d'un parallèle; celui de Paris fut en effet mesuré, & d'un côté jusqu'à St. Malo, & de l'autre jusqu'à Strasbourg. On tenta aussi d'employer les degrés du grand cercle perpendiculaire à la méridienne. M. de Thury, fils de Jacques Cassini, & troisième du nom, imagina de mesurer l'écartement de ce grand cercle avec le parallèle; tous les cercles fictifs que nous imaginons sur le globe, leurs écarts mutuels, comme leurs contours, dépendent de sa figure.

On sent que si l'on presse sur un globe pour l'applatir par les pôles, en enflant l'équateur, on aggrandit aussi la dimension de toutes les parties intermédiaires; mais pour que le globe soit alongé, il a fallu que la matière se soit resserrée en s'élevant vers les pôles, & les dimensions des cercles ont dû être rétrécies.

Toutes ces especes de mesures, pourvu qu'elles donnassent des différences sensibles, pouvoient éclaircir la question; elles conclurent toutes pour la terre alongée. Nous disons avec franchise les erreurs des François, ils ont assez de titres de gloire; mais nous devons faire observer leur impartialité, & leur estime des travaux étrangers. Le résultat de leurs propres travaux faisoit la terre oblongue. Il eût été naturel, après tant d'observations, de le croire exact & vrai; & si l'Académie doutoit encore, c'étoit la preuve de son admiration pour Newton, & de l'ascendant irrésistible du génie. L'honneur que la France faisoit à Newton, de préférer son témoignage à des faits, qui sembloient des vérités d'observation, n'empêchoit point qu'on ne revînt sur les principes qui avoient conduit Newton dans cette détermination hardie, & qu'on n'interrogeât de nouveau cette théorie qui osoit contredire les faits. Sans doute la France étoit sage, en même-tems qu'elle étoit

juste ; Newton avoit pour lui un grand fait de la nature, l'accourcissement du pendule observé dans la zone torride. La force centrifuge qui produit cet accourcissement, a dû élever les eaux & même les terres dans ces régions du monde ; toute force agissante a des effets nécessaires (*a*).

Les Géometres François commençoient à adopter les idées de Newton; ils se saisissoient de ses principes & de ses méthodes; & ayant le courage de le suivre dans la carrière qu'il s'étoit ouverte, ils se montroient dignes de lui succéder dans l'explication des phénomènes de la nature. Le Chevalier de Louville nous paroît être le premier Astronôme François, qui, conformément aux idées de Neuwton, ait considéré le mouvement elliptique des corps célestes, comme produit par deux forces, l'une de projection, l'autre centrale, qu'il assimile à la pesanteur (*b*). Nous avons dû remarquer ces premiers pas de Newton dans l'Astronomie françoise. M. de Maupertuis nous paroît être également le premier de nos Géometres, qui ait employé le principe de l'attraction (*c*). Mais il ne la considéra d'abord que par rapport à ses effets calculables ; il l'admet comme Géometre, & non comme Physicien. Il remarque d'abord que de toutes les loix d'attraction, qui auroient pu être imposées à la matière, la raison inverse du carré des distances est la seule qui ait lieu en même tems à une certaine distance pour les sphères & pour leurs parties ; & cela lui donne lieu de faire une réflexion singulière. » En supposant, dit-il, que Dieu eût voulu établir » dans la nature quelques loix d'attraction, toutes ces loix » ne devoient pas lui paroître égales. Les seuls corps autour » desquels l'attraction, quelle qu'elle fût, pouvoit se faire

---

(*a*) *Suprà*, Tome II, pages 512 & 640.

(*b*) Mém. Ac. des Sciences, 1720, p. 35.

(*c*) *Ibid.* 1732, p. 343.

» également de tous côtés, étoient les corps ſphériques ; & » le ſeul point de ces corps auquel on doit rapporter les » diſtances, eſt le centre. Si donc on ſuppoſe que Dieu ait » voulu que quelque corps conſervât la même propriété, qui » devoit être répandue dans la matière, d'attirer de tous » côtés également les corps, ſuivant la même proportion ; » il falloit que l'attraction des parties de la matière ſuivît » une loi telle que les corps ſphériques, qui en ſeroient formés, » la ſuiviſſent encore. Cette uniformité pouvoit être une » raiſon de préférence pour la loi où elle ſe trouvoit, & alors » tous les ſyſtêmes poſſibles d'attraction n'étoient plus égaux. » La raiſon métaphyſique de préférence une fois poſée, la » néceſſité mathématique excluoit d'abord une infinité de » ſyſtêmes dans leſquels l'accord de la même loi dans les » parties & dans le tout ne pouvoit avoir lieu (*a*) ». Nous avons cité ce paſſage comme un reſte aſſez marqué de la philoſophie du dernier ſiecle, où l'on s'occupoit tant des cauſes finales. Il eſt bien queſtion de la raiſon métaphyſique de préférence ; eſt-ce à nous de déterminer l'ordre des idées de l'Être ſuprême ? Dans la nature, nous ne connoiſſons que les faits, qui ſont des actes de ſa volonté. M. de Maupertuis ſe montra plus dignement, en réſolvant la queſtion de la figure de la terre : M. Bouguer tenta de ſon côté le même effort. Tous deux s'étant ſaiſis des principes phyſiques, qui appartiennent à cette recherche, & de la ſublime géométrie que Newton avoit enſeignée, chercherent ſes réſultats pour les confirmer ou pour les contredire. Nous avons dit que Huyghens avoit déterminé la figure de la terre & ſon applatiſſement, en ſuppoſant que la peſanteur primitive avoit été dirigée au

(*a*) Mém. Acad. des Scien. 1732, p. 347.

centre

centre, tandis que la pesanteur altérée par la force centrifuge, est dirigée perpendiculairement à la surface. Lorsque la terre étoit ronde & sphérique, la pesanteur dirigée au centre, faisoit tomber partout les corps perpendiculairement à la surface; mais lorsque le globe a tourné sur lui-même, & que la pesanteur a été altérée tant dans sa quantité que dans sa direction, par la force centrifuge, si nous voyons encore les graves tomber perpendiculairement à la surface de la terre, c'est que cette surface a changé & s'est inclinée pour leur conserver cette direction; c'est que des parties du globe se sont élevées, tandis que d'autres se sont abaissées. L'altération de la pesanteur, le changement de sa direction pouvoient donc indiquer la figure du globe; & en effet Huyghens détermina son applatissement de la 578^e^ partie du demi-diametre de l'équateur. Newton, parti d'un principe plus général, ne supposa que l'attraction universelle, la tendance réciproque de toutes les parties du globe les unes vers les autres, le poids égal des colonnes aboutissantes au centre, qui doit être partout le même pour produire l'équilibre & la solidité; il considéra la pesanteur diminuée sur-tout à l'équateur par la force centrifuge; & il conçut que ces régions avoient dû s'élever pour entretenir l'équilibre, & pour compenser par la hauteur des colonnes ce que ces colonnes y perdent de leur poids. Ce principe lui donna l'applatissement de la terre de la 230^e^ partie du demi-diametre de l'équateur; c'est-à-dire, un applatissement plus que double de celui de Huyghens (*a*). Il falloit donc prononcer entre ces deux grands Géometres; & pour les juger, il falloit entendre leurs raisons, c'est-à-dire, refaire leurs calculs, & résoudre de nouveau le problême. M. Bouguer & M. de Maupertuis reprirent la

(*a*) *Suprà*, Tome. II. p. 515.

question; ils chercherent les deux équations qui donnent la figure de la terre dans le principe d'Huyghens & dans celui de Newton. Ces deux équations sont assez différentes; on ne peut les rendre identiques que pour un petit nombre de cas; d'où il résulte que dans différentes hypothèses de pesanteur, les deux principes sont opposés & se contredisent. La conséquence seroit une instabilité de figure, & un mouvement continuel des parties du globe. Car on conçoit que s'il y avoit des loix de la nature qui fussent en contradiction, la matière également assujettie à ces loix, seroit dans un balancement perpétuel, elle s'éloigneroit sans cesse de l'une, pour obéir à l'autre, & toujours agitée, jamais en repos reviendroit d'un écart à un autre dans les limites de la contradiction des deux principes. Mais la nature n'admet point ce désordre, elle n'a point de loix opposées qui aient chacune leur effet entier. Lorsque deux de ces loix se contredisent, elles se balancent, se détruisent en tout ou en partie, & de leur résultat il en naît une troisieme qui est la vraie loi agissante.

Le travail de M. Bouguer & de M. de Maupertuis apprit que l'équilibre ne pouvoit avoir lieu que dans un globe dont la figure seroit déterminée par l'accord des deux principes de Huyghens & de Newton. M. de Maupertuis remarqua que si la pesanteur est une force qui appartienne au globe entier considéré comme masse, l'applatissement est d'un 576e, tel que Huyghens l'a déterminé; mais si cette force naît de l'attraction des parties qui pèsent les unes vers les autres, en sorte qu'une molécule quelconque tende à la fois vers tous les points du globe, l'applatissement est d'un 230e, comme Newton l'a trouvé. Ces deux hypothèses reviennent à peu près au même. Toutes les tendances qu'une molécule a vers tous les points du globe, se composent de manière qu'il en résulte une tendance

vers le centre, ou tout près du centre. Mais ces deux hypothèses ont, comme on le voit, des différences par où elles peuvent être distinguées. Lorsque la terre sera mesurée, lorsque l'observation aura fait connoître la quantité de son applatissement, on pourra prononcer entre Huyghens & Newton; & suivant que cette quantité s'approchera d'un 576ᵉ, ou d'un 230ᵉ, on saura si l'attraction est une force attachée à la masse, ou, ce qui est plus physique & plus vraisemblable, si elle est une force universelle & répandue dans les plus petites portions de la matière.

Toutes ces réflexions, qui produisoient des méthodes ingénieuses, toutes les tentatives des observations qu'on pouvoit faire en France & dans nos observatoires, ne valoient pas les mesures locales faites à l'équateur & au pôle même; c'étoit là qu'il falloit mesurer les degrés, & constater sur le lieu même leur inégalité. M. de la Condamine, né ardent & curieux, doué de ce mouvement de l'esprit qui met sur la voie des découvertes, dans une des assemblées de l'Académie de Paris, où on discutoit cette grande question, devenue si difficile par la contradiction des faits, proposa en 1733 de lever toutes les difficultés, en envoyant des Académiciens déterminer un degré du méridien vers l'équateur, & répéter dans la zone torride les mesures qui avoient été faites en France, afin de les comparer ensemble (*a*). Il s'offrit lui-même pour ce voyage.

(*a*) M. de la Lande, Astron. Tome III. p. 108. M. Bouguer dit que ce fut M. Godin; (fig. de la terre, p. IV.). M. de Fouchy lui rend le même témoignage. Il est certain que M. Godin lut à l'Académie un Mémoire sur cette matière en 1734. M. de Mairan dit, Hist. de l'Acad. pour 1742, p. 96: » je » dois ce témoignage à M. Godin, qu'ayant » lu avec lui le Mémoire de M. Bradley sur » l'aberration des fixes, donné à la Société » royale en 1728, il en tira de grandes » conséquences contre les anciennes observations qui favorisoient l'alongement de » la terre, quelque exactes qu'elles pussent » être d'ailleurs, & qu'il résolut dès-lors » & s'offrit bientôt d'aller mesurer les degrés terrestres sous l'équateur même ». M. Godin a eu la même idée que M. de la Condamine. Ce dernier a de plus l'honneur de la proposition. Il est des tems

Le desir de connoître le dévoroit, sa louable curiosité le rendoit infatigable. M. de Maurepas, alors Ministre, & à qui le tems réservoit une destinée encore plus brillante & plus heureuse, montra au feu Roi l'utilité de cette entreprise. M. Godin, M. de la Condamine & M. de Fouchy furent chargés de l'exécuter. La santé foible de ce dernier ne lui permit pourtant pas de s'y dévouer. Il faut, pour affronter le changement des climats & les courses pénibles, que la force du corps réponde au courage de l'esprit. On lui substitua M. Bouguer, Hydrographe du Roi au Havre, qui jouissoit déjà d'une assez grande réputation. Il reçut presqu'en même tems trois distinctions flatteuses. Il fut adopté par l'Académie, placé bientôt au rang de pensionnaire, où on n'arrive ordinairement que par l'ancienneté; enfin il fut chargé de cette commission aussi difficile qu'honorable, & dont les travaux exigeoient l'esprit des détails, le génie des expériences que M. Bouguer possédoit dans un degré supérieur. L'Académie désigna, dans l'Amérique méridionale, les riches contrées du Pérou, où l'on devoit aller chercher une connoissance plus précieuse que l'or qu'elles ont répandu dans l'Europe; & les trois Académiciens partirent au mois de Mai 1735.

On sent bien que pour completter cette entreprise & ce travail, il auroit fallu se transporter au pôle & faire des observations correspondantes à celles de l'équateur. Les unes & les autres auroient montré les limites de l'inégalité des degrés. Mais le pôle de la terre se cache & se refuse à nos mesures; il repousse par des glaces la curiosité des hommes. M. de

où les mêmes idées germent dans plusieurs têtes. Celle-ci en particulier est très naturelle. On pourroit dire que Jacques Cassini les avoit précédés tous deux. Il sentit, dès 1713, la nécessité de mesurer les degrés à l'équateur & au pôle. (Histoire de l'Astronomie moderne, Tome II, p. 641).

Maupertuis, Philosophe & Géometre, M. de Maupertuis, qui avoit déjà travaillé à résoudre cette question, engagé par ces essais à de nouvelles tentatives, représenta à M. de Maurepas la nécessité d'un voyage vers ce pôle aussi desiré qu'il est inaccessible. Sans tenter de l'atteindre, on pouvoit du moins s'avancer au nord autant que la nature des lieux pourroit le permettre, autant que la nature des hommes pourroit le souffrir. Le voyage fut décidé, & l'Académie choisit M. de Maupertuis, auteur du projet, & rempli de l'activité propre à le faire réussir; M. Clairaut dont la jeunesse avoit fait concevoir les espérances qu'il a réalisées; M. le Monnier, Astronôme déjà distingué, & qui devoit l'être un jour davantage; enfin M. le Camus, Géometre & très-versé dans la connoissance des méchaniques & des instrumens. Ces sortes de travaux demandent le concours des talens & des ressources. Il faut que nous quittions nos villes, le centre de nos forces & de notre puissance, pour nous transporter dans des déserts où la nature est sauvage & pauvre, le sol aride & dépeuplé, & où livré à l'inclémence d'un climat rude & étranger, l'homme est seul, réduit à lui-même & à son industrie. L'abbé Outhier, Astronôme, correspondant de l'Académie, fut associé aux quatre Académiciens, & cette seconde troupe alla braver les froids du nord, comme la première s'étoit dévouée aux ardeurs de la zone brûlante.

Cependant cette entreprise, cette mesure septentrionale, commencée plus tard, fut plutôt achevée; & c'est la première dont nous devons rendre compte. Les Académiciens assurés de la protection du Roi de Suede, se rendirent à Stockolm, où M. Celsius, professeur d'Astronomie à Upsal, se joignit à eux. La Suede, & la Laponie qui en dépend, sont la partie la plus septentrionale de l'Europe. Comme le golfe de Bothnie s'étend du nord au sud, & que ses côtes sont parsemées

d'îles assez proches les unes des autres, on avoit projeté d'employer ces points remarquables de la mer pour former des triangles, tandis qu'on auroit mesuré sur le rivage une base, pour en déterminer les distances. Le transport des instrumens & les voyages se seroient faits sur des barques avec moins de fatigue & d'embarras. Mais ces îles dénuées de hauteurs, étoient presque toutes à fleur d'eau ; elles ne pouvoient s'appercevoir d'une assez grande distance ; elles se cachoient les unes les autres, ou bien elles n'étoient point rangées comme il eût fallu, pour suivre un méridien. On fut forcé de renoncer à ce projet. On se rendit à Torneo, ville située au fond du golfe de Bothnie & touchant au cercle polaire. C'étoit là & au nord de cette ville qu'on se proposoit de chercher un local propre à la mesure du degré. Mais en s'avançant vers le nord, en s'éloignant de cette ville qui est la dernière de la Suede, on s'éloignoit des lieux habités par des hommes, on ne devoit plus rencontrer que des difficultés, des déserts & des Lapons, qui sont une espèce dégénérée & presque sauvage. Il n'y avoit que deux manières de pénétrer dans ce pays, l'une en naviguant sur un fleuve rempli de cataractes, l'autre en traversant à pied des forêts épaisses & des marais profonds. Il falloit séjourner dans ces contrées presque solitaires, s'y contenter de mauvais alimens, s'y défendre contre une légion de mouches cruelles, qui pendant l'été forcent les Lapons même de remonter au nord, & de chercher au bord de la mer glaciale un asile contre ces tyrans de leurs déserts. Il falloit gravir des montagnes escarpées où l'on devoit placer des signaux, dépouiller ces montagnes des forêts qui couvrent leur sommet & en dérobent la vue ; & sur ces sommets ainsi dépouillés, établir des observatoires, y porter des instrumens pesans, & faire des observations délicates qui sont difficiles partout, même dans les

obſervatoires les plus commodes ; & , comme le remarque M. de Maupertuis , il falloit entreprendre tout cela , ſans ſavoir ſi l'exécution étoit poſſible, ſans pouvoir s'en informer à perſonne (*a*). Un obſtacle pouvoit faire perdre une année de ſoins. Mais le même courage qui fait entreprendre eſt celui qui fait réuſſir. Il étoit important de ſe porter le plus loin poſſible au nord. Les Académiciens ne vouloient pas redeſcendre dans les provinces méridionales de la Suede, ils étoient jaloux de paſſer le cercle polaire , & de choiſir le climat qu'il traverſe pour le lieu de leur opération. Le courage & l'induſtrie trouverent des facilités qu'on n'eſpéroit pas. Cette entrepriſe commencée au haſard, par eſſai, & preſque ſans eſpérance de ſuccès , un ſéjour de 63 jours dans les déſerts ſuffit pour l'achever. Les montagnes ſe trouverent placées comme ſi on en avoit été le maître, & qu'on les eût eſpacées & placées à volonté. Les triangles formoient un long eptagone dont la montagne de Kittis au nord , & l'égliſe de Torneo au midi , faiſoient les deux extrémités. Une montagne plus haute, nommée Horrilakero , occupoit le centre, & le fleuve Torneo ſervoit pour les communications ; non pas pour des communications tranquilles, ſans dangers , comme celles que nous offrent les rivières dans nos zones tempérées. Là on navigue ſur des barques conſtruites de planches de ſapin, minces & flexibles. On n'y fait pas un long trajet ſans rencontrer des cataractes où l'eau ſe précipite avec un bruit terrible. Ces barques ſe défendent par leur flexibilité contre les pierres qui ſe trouvent dans ces fleuves , & qu'elles viennent heurter avec toute la rapidité du torrent. Mais, *dit* M. de Maupertuis , » c'eſt un ſpectacle effrayant, de voir cette frêle machine

(*a*) Figure de la terre, p. 12.

» roulant à travers les vagues, l'écume & les pierres, tantôt » élevée dans l'air, & tantôt perdue dans les flots. Un Finois » intrépide la gouverne avec un large aviron, pendant que » deux autres forcent de rame pour la dérober aux flots qui » la pourſuivent, & ſont toujours prêts à l'inonder. La quille » alors eſt ſouvent toute en l'air, & n'eſt appuyée que par » une de ſes extrémités ſur une vague qui lui manque à tout » moment (*a*) ». Ce ſont là les commodités du pays. Les Académiciens pouvoient riſquer leur vie & leur ſanté; mais ils ſe trouvoient heureux d'épargner le tems.

Ils ne négligerent point de profiter d'un moyen unique de préciſion, & d'une reſſource que la nature de ce climat leur réſervoit; c'étoit dans la meſure de la baſe. Les baſes établies ſur la terre ſont aſſujetties à ſes inégalités; il faut des réductions pour en ramener la longueur à un plan de niveau. La ſurface des eaux offre un plan qui eſt parfaitement de niveau; on réſolut d'y établir la baſe & de la meſurer lorſque le fleuve ſeroit glacé. Cette baſe, la plus unie, fut encore la plus longue qui eût été meſurée; elle étoit de 7407 toiſes. Mais pour cette opération, il falloit attendre l'hiver qui eſt effroyable dans ces contrées. Le ſoleil ſe leve à peine vers midi, les crépuſcules toujours longs, les neiges de la ſurface de la terre, les feux du ciel, c'eſt-à-dire, les aurores boréales, donnent aſſez de lumière pour travailler chaque jour pendant quatre ou cinq heures. Mais ſi l'on veut avoir une idée de ce travail, il faut ſe repréſenter des habitans de la zone tempérée, marchant ſur le fleuve dans une pouſſière de neige haute de deux pieds, chargés de perches peſantes qu'il falloit continuellement poſer ſur la neige & relever. Le froid qui nous parut énorme à Paris en 1709 &

(*a*) Figure de la terre, p. 17.

1776,

1776, ne fit pas defcendre la liqueur du Thermomètre de Reaumur au-deffous de 15°; elle defcendit alors à Torneo à 37° (*a*). C'eft par ce froid exceffif que les Académiciens mefuroient leur bafe, avec la glace & l'abîme fous leurs pieds. » Le froid gela les doigts de quelques-uns d'eux, & menaçoit » à tout moment d'accidens plus grands encore. L'eau de vie » étoit la feule liqueur qu'on pût tenir affez liquide pour la » boire; mais la langue & les levres fe geloient, s'attachoient » à la taffe, & ne s'en arrachoient que fanglantes. Le corps » fuoit par le travail, tandis que fes extrémités étoient gla- » cées. L'eau de vie n'étanchoit pas la foif, il fallut creufer » dans la glace des puits profonds, qui étoient prefque auffi- » tôt refermés, & d'où l'eau pouvoit à peine parvenir liquide » à la bouche; & il falloit s'expofer au dangereux contrafte » que pouvoit caufer dans des corps échauffés cette eau auffi » froide que la glace même ». Voilà l'avantage de l'efpece humaine; elle peut fe plier à la température, & en fupporter les excès dans certaines limites. C'eft par cette flexibilité de fa conftitution & par le courage du génie, que l'homme commande fur la terre. Rien ne réfifte à fa force combinée avec fon induftrie. La nature n'a point de profondeurs, d'obftacles, de dangers qui l'étonnent; il vit prefque partout, & partout où il peut vivre, il ne lui faut que du tems pour fe rendre le maître.

La mefure des triangles étant achevée, on s'occupa des obfervations céleftes, qui fe firent à Kittis & à Torneo, où fe terminoient ces triangles. On employa un fecteur de 9 pieds de rayon, exécuté fous les yeux de M. Graham, qui lui-même en avoit divifé la limbe (*b*). L'arc mefuré du méridien fe trouva

(*a*) Maupertuis, Fig. de la terre, p. 58. (*b*) *Ibid.* p. 38.

de 57′ 28″¼, qui répondoit à une longueur terrestre de 55023½ toises; d'où on conclut que le degré du méridien, qui coupe le cercle polaire, ou bien le 76° en allant de l'équateur vers le pôle, est de 57438 toises, qui surpasse de 378 toises celui que Picart a déterminé entre Paris & Amiens, c'est-à-dire, au 50e degré de latitude. Cette différence considérable, qui ne pouvoit être produite par aucune des erreurs possibles dans les observations tant célestes que terrestres (*a*), démontroit que le globe étoit applati vers ses pôles, comme Newton l'avoit annoncé; & à plus forte raison détruisoit le soupçon d'un alongement vers ces mêmes pôles, qui sembloit résulter des mesures faites en France. Si la terre eût été réellement alongée, si l'hypothese établie sur ces mesures par Jacques Cassini, eût été exacte, le degré mesuré au cercle polaire, auroit été trouvé plus petit d'environ 950 toises. C'est ainsi que fut terminée cette grande entreprise, qui donna la première solution du problême de la figure de la terre.

MM. Godin, de la Condamine & Bouguer, partis pour la zone torride, se rendirent au Pérou, où le Roi d'Espagne avoit donné les ordres nécessaires à la facilité de leurs opérations, & où ils trouverent deux officiers de la marine espagnole, don Georges Juan, & don Antoine de Ulloa (*b*), nommés par le Roi pour assister au travail des Académiciens François, & pour lui en rendre compte. Les Académiciens

---

(*a*) M. de Maupertuis, pour évaluer les erreurs possibles, a supposé que dans leurs triangles on s'étoit toujours trompé de 20″ sur la mesure des deux premiers angles, & de 40″ sur celle du troisieme, que toutes ces erreurs étoient dans le même sens, & tendoient toujours à diminuer la longueur de l'arc; le calcul fait d'après cette étrange supposition, il ne se trouve que 54½ toises pour l'erreur qu'elle pourroit causer, *Fig. de la terre*, p. 66. Voilà pour les mesures géodesiques. Quant aux célestes, elles ne peuvent pas être en erreur de plus de 2″. *Ibid.* p. 124. Deux secondes répondent à trente-deux toises.

(*b*) Don Georges Juan est mort depuis quelques années, & Don Antoine de Ulloa est vivant.

s'établirent à Quito, presque sous l'équateur, & choisirent pour leur opération une longue vallée où se trouve cette ville, & qui s'étend entre deux chaînes de montagnes, les plus hautes peut-être de celles qui dominent sur le globe (*a*). Cette vallée va du nord au sud, & à peu près dans le sens du méridien. Les montagnes qui la bordent sembloient offrir de grandes facilités pour y établir des signaux; mais le sommet de ces montagnes est le plus souvent inaccessible, à cause de leur hauteur. Elles s'élevent trop dans l'atmosphère; elles ont leur tête dans cette région froide de l'air, où les frimats regnent pendant toute l'année, malgré les feux d'un soleil toujours à plomb. Un petit nombre de nos montagnes d'Europe ont leurs sommets sans cesse blanchis par la neige. Là non seulement le sommet en est couvert, mais cette neige descend & subsiste sur quelques-unes huit cent toises au-dessous (*b*). Tandis que le sommet est inaccessible par la neige glacée, les ravines, les précipices, la roideur de la côte en rendent la montée dangereuse & pénible; le trajet le plus court demande souvent beaucoup de tems, parce que les communications sont difficiles. Ces contrées montueuses, & comme isolées dans l'atmosphère, sont exposées aux ravages des ouragans, elles sont le séjour des brouillards & des nuages. Les observateurs y étoient souvent plongés des mois entiers,

---

(*a*) Ces montagnes sont nommées dans le pays *les Andes*, nous les désignons par le nom de *Cordilières*.

(*b*) La montagne de Chimboraço est élevée de 3217 toises au-dessus du niveau de la mer. C'est la plus haute des montagnes connues du globe. La neige commence à 2440 toises, & la couvre jusqu'à son sommet; & comme les nuages les plus légers s'élevent, selon M. Bouguer, 1000 ou 1200 toises au-dessus, il s'ensuit que s'il y avoit des montagnes assez hautes, on les verroit couvertes de neige depuis 2440 toises jusqu'à 4400 toises d'élévation. Ensuite leur sommet seroit nu, non par la cessation du froid qui augmente toujours en s'élévant dans l'atmosphère, mais parce que les vapeurs de la terre ne s'y éleveroient pas pour se former & retomber en neige. *Bouguer, Fig. de la terre*, p. 4.

attendant sur ces hauteurs que la chûte des brouillards leur rendît la vue de la terre & des objets environnans. Souvent alors les signaux placés sur d'autres montagnes, n'existoient plus, tantôt renversés par le vent, tantôt volés par les Indiens. Il falloit alors les replacer avec une nouvelle fatigue, de nouveaux dangers, & une nouvelle perte de tems. Dans la zone torride, on n'imagine que l'excès de la chaleur, on croit ne braver que les feux du soleil : mais la nature conserve dans ces montagnes un froid égal à celui des pôles; toutes les saisons de l'année y regnent à la fois, depuis l'été brûlant jusqu'à l'hiver le plus rude. M. de la Condamine cherchant à monter sur la bouche du volcan de Pichincha, surpris seul par la nuit, perdu dans les bois qui couronnoient la montagne, & à la hauteur où on commence à voir tomber une pluie aussi froide que la neige qui tombe un peu plus haut, pensa y périr : il sentoit ses pieds se glacer, lorsque le jour long-tems attendu commença à paroître; ses habits, son chapeau, ses cheveux étoient roides de glace & hérissés de frimats. Il étoit tems que la lumière du jour vînt lui montrer son chemin, & lui permettre de descendre pour faire allumer du feu, pour trouver même un climat plus doux, & pour échapper au danger de périr de froid, danger difficile à prévoir sur un volcan (*a*). Ce sont ces dangers & ces fatigues qui ont éprouvé le zele des Académiciens François; ce sont ces difficultés réunies & rencontrées à chaque pas, qui ont retardé le succès de leur entreprise. La mesure du degré au cercle polaire avoit été achevée en moins d'un an; celle de la zone torride le fut à peine en huit ans. M. Bouguer ne revint en France qu'après cet intervalle de tems, & même M. de la Condamine, qui prit une

(*a*) La Condamine, Voyage à l'équateur, Introd. p. 150.

route plus longue & plus difficile, ne fut de retour que neuf ans & demi après ſon départ.

Les inſtructions données par l'Académie, & les ordres du Roi portoient que les Académiciens meſureroient les degrés de l'équateur en même tems que ceux du méridien. Ces meſures, également exactes, auroient pu ſeules déterminer la figure de la terre. Si la terre eſt ſphérique, ces différens degrés ſeront égaux entr'eux ; mais les degrés du méridien ſeront plus petits, ſi la terre eſt applatie, & plus grands, ſi elle eſt alongée.

La meſure d'un arc de l'équateur n'eſt pas auſſi favorable que celle d'un arc du méridien ; ſi tout eſt égal pour les opérations terreſtres & géodéſiques, il n'en eſt pas de même des obſervations aſtronomiques par leſquelles on détermine la grandeur de l'arc céleſte. Quand on opere dans le méridien, on cherche la différence de latitude (*a*) ; les latitudes ſont obſervées avec des quarts de cercle, & ces inſtrumens, lorſqu'ils ont une grandeur ſuffiſante, peuvent donner une préciſion d'environ deux ſecondes, qui répondent à 32 toiſes ſur la terre. Dans l'équateur & dans les parallèles, on ne connoît la différence de longitude des lieux que par le tems, par la différence des heures que l'on y compte au même inſtant ; mais chaque ſeconde de tems répond à 15 ſecondes de degré en longitude, & ſi on ſe trompe de deux ſecondes de tems, l'erreur eſt quinze fois plus grande par une meſure que par l'autre. En conſéquence des réflexions ultérieures de l'Académie, & ſur un mémoire de M. Clairaut (*b*), M. le Comte de Maurepas ſe détermina à mander aux Académiciens de ſe borner à meſurer les degrés du méridien. Il y avoit déjà entr'eux quelque diviſion ſur cet

(*a*) *Suprà*, Tome II. p. 346.

(*b*) La Condamine, Voy. à l'éq. Intro. p. 43.

article; M. Bouguer avoit envoyé en France un mémoire où il montre que la mesure de deux degrés de l'équateur est assujettie à une erreur d'un deux cent quarantieme, & où il établit par conséquent que cette mesure est inutile (*a*). M. de la Condamine soutenoit au contraire qu'en mesurant trois degrés de longitude, comme on pouvoit le faire au Pérou, & en se servant de la méthode des feux (*b*), il étoit possible de ne commettre qu'une erreur d'un quatorze centieme; erreur à peu près égale à celle qu'on peut craindre dans la mesure des arcs du méridien. Il est certain que cette dernière mesure paroîtra toujours préférable; la mesure des degrés de l'équateur n'eût pas valu la peine du voyage. Mais les Académiciens étoient sur le lieu même, ils avoient l'occasion de mesurer quelques degrés du cercle, sans doute le plus régulier du globe; ils pouvoient ajouter cette mesure à celle du méridien, & joindre, pour déterminer la figure de la terre, ce nouveau résultat à ceux que l'on tire de la comparaison des différens degrés du méridien. Quoi qu'il en soit de cette question, elle fut décidée par les ordres du Roi. On n'avoit encore rien fait pour la mesure de l'équateur (*c*); il n'y eut point de tems perdu, & celle du méridien fut suivie avec constance.

(*a*) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1736, p. 458.

(*b*) Pour connoître la différence des tems comptés au même instant dans deux différens lieux, il faut un signal qui soit également apperçu dans tous les deux, & qui avertisse les observateurs de marquer cet instant à leur pendule. Si ce signal est donné par un phénomène du ciel, il y a toujours de légères causes d'incertitude & d'erreur, qui peuvent être négligées, lorsqu'il s'agit de déterminer une assez grande distance; mais la méthode ne peut plus être employée lorsque la distance est petite, l'erreur seroit dans une trop grande proportion avec elle. Un feu allumé subitement sur une montagne, visible à la fois dans les deux lieux, n'a pas les mêmes inconvéniens. C'est un signal instantané; l'instant de son apparition peut être exactement marqué dans les deux observatoires, & il n'y a plus de source d'erreur; que celle qu'on peut avoir commise en réglant la pendule. Cette erreur est toujours très-petite; & d'ailleurs elle est commune à toutes les méthodes où l'on emploie le tems & les horloges.

(*c*) La Condamine, Voyage à l'équat. Introd. pag. 41 & 42.

Cette mesure fut étendue à plus de trois dégrés dans la longue vallée que les Cordilières renferment dans leur sein, & qui s'étend du midi au nord, bordée des deux côtés par les deux chaînes de ces montagnes; les Académiciens mesurerent dans la suite de leurs triangles une longueur de 176950 toises, c'est-à-dire, de plus de 75 lieues. Les observations astronomiques faites à Cotchesqui (*a*) & à Tarqui, aux deux extrémités de cette distance terrestre, donnerent l'amplitude de l'arc céleste de 3° 7′ 1″, qui répondoit sur la terre à 176950 toises; d'où on conclut la longueur du degré de 56775 toises. Mais ce degré est mesuré sur un sol beaucoup plus élevé que le nôtre; c'est comme s'il appartenoit à un globe d'un plus grand rayon. Pour comparer ces degrés mesurés en différens lieux & à différentes élévations, il faut les ramener tous à une élévation commune, à une même distance du centre de la terre; cette distance, ce niveau est donné par la nature à la surface des mers. On est donc convenu de réduire toutes ces mesures à ce qu'elles seroient, si elles avoient été prises au bord de la mer: le degré du Pérou ainsi réduit, se trouve de 56753 toises (*b*); ce résultat, le fruit du travail de trois habiles Académiciens pendant huit années, doit avoir une exactitude proportionnée aux soins employés pour l'obtenir. Quant à la mesure terrestre, les Académiciens, leurs Aides, les Officiers Espagnols s'étoient partagés en deux troupes, qui se suivoient sur les deux chaînes de montagnes, où étoient appuyés les triangles; ces deux troupes passoient continuellement d'une chaîne à l'autre. Les trois angles de chaque triangle étoient exactement mesurés, ainsi que la hauteur de chaque station, pour

(*a*) Cotchesqui est presque sous l'équateur, & Tarqui à un peu plus de 3° de latit. mérid.

(*b*) Bouguer, Fig. de la terre, p. 274. 56750, selon M. de la Condamine. Voy. à l'équat. p. 229.

tout réduire au même niveau ; la base d'où dépend toute l'exactitude des calculs, fut mesurée séparément par chacune des deux troupes, avec des soins particuliers dont il faut voir le détail dans les ouvrages mêmes (*a*). Quant aux observations astronomiques, elles ont été recommencées plusieurs fois (*b*), & faites par chacun des trois Académiciens & des deux Officiers Espagnols ; c'est donc une des déterminations les plus exactes qu'on puisse laisser à la postérité. Mais pour donner à cette postérité les moyens de vérifier l'exactitude d'une opération si importante, M. de la Condamine imagina de fixer par des monumens durables les deux points qui terminent la base mesurée ; d'y élever deux pyramides en l'honneur de la Nation Françoise & des Académiciens, qui avoient exécuté cette grande entreprise. M. de la Condamine éprouva beaucoup de difficultés ; il y eut un procès pardevant l'audience royale de Quito, quoique l'érection de ce monument n'eût été décidée qu'en vertu d'un arrêt de cette audience. Cette érection fut confirmée par un second arrêt ; mais peu de tems après le départ des Académiciens, des ordres furent donnés pour la démolition des pyramides. M. de la Condamine obtint sur ses représentations, un contr'ordre de la Cour d'Espagne ; ce contr'ordre arriva trop tard, les pyramides étoient démolies. Nous ignorons si l'ordre a été exécuté, & si elles ont été réédifiées ; mais les auteurs de la mesure, les Académiciens, n'étoient plus au Pérou pour placer avec l'exactitude nécessaire ces monumens aux deux termes de la base. Le moindre doute suffit pour les dépouiller de leur authenticité : peut-être ne subsistent-ils plus ; mais s'ils ont été relevés, c'est sans utilité pour l'avenir (*c*).

(*a*) Bouguer, p. 37.
La Condamine, p. 4.

(*b*) La Condamine, Introduc. p. 135.
(*c*) *Id. Ibid.* p. 219.

Avant de parler des réſultats de cet important travail, nous devons faire mention de quelques autres fruits du voyage même. L'expérience des horloges, qui retardent très-ſenſiblement ſous l'équateur, l'accourciſſement qu'on eſt obligé de faire à la verge du pendule (*a*), prouvent que la peſanteur des corps eſt moindre à l'équateur qu'elle n'eſt à Paris, & vers le pôle dans les contrées ſeptentrionales où nous avons pénétré ; à Pello dans la Laponie, ce pendule a été trouvé plus long qu'à Paris de ſoixante centiemes ou de trois cinquiemes de ligne, & plus long qu'à l'équateur de deux lignes ſix centiemes (*b*). Il étoit intéreſſant d'examiner ſi cette diminution de la peſanteur eſt uniquement l'effet de la rotation de la terre, ou de la force centrifuge qui en réſulte, & dont les loix ſont bien connues. M. Bouguer reconnut par ces longueurs du pendule, que la peſanteur diminue plus en allant du pôle à l'équateur, qu'elle ne devoit le faire à raiſon de la force centrifuge (*c*). Il y a donc quelqu'autre cauſe qui conſpire avec cette force, pour diminuer la peſanteur ; cette cauſe naît de ce que la terre n'eſt pas homogène. Nous verrons bientôt que la théorie a conduit M. Clairaut à la même vérité, où M. Bouguer arrive ici par l'expérience.

Ce n'eſt pas tout ; cette force, abſtraction faite de la force centrifuge, ne peut pas être conſidérée comme conſtante, même ſur notre globe. Lorſque Newton a enſeigné que le mouvement des corps céleſtes étoit produit & réglé par une attraction vers un corps central, que la force de la

---

(*a*) *Suprà.*

(*b*) Longueur du pendule à Pello 3 pieds 9 lignes, 17.
Maupertuis, Fig. de la terre, p. 180.
A Paris 3 pieds. 8 lig. 67.
Mem. de l'Acad. des ſcienc. 1735, p. 153.
Sous l'équateur 3 pieds 7 lig. 07.
Bouguer Fig. de la terre, p. 338.
Ces longueurs ſont celles qu'auroit le pendule dans le vide.

(*c*) Bouguer, Figure de la terre, pag. 347.

terre pour asservir la lune étoit semblable à la pesanteur, qui produit sous nos yeux la chûte des corps, il a montré que cette force de l'attraction ou de la pesanteur diminue en raison inverse du carré des distances; mais on avoit été si long-tems à distinguer la physique du ciel de celle de la terre, qu'on avoit quelque peine à admettre entr'elles une conformité entière & rigoureuse. On pensoit du moins que nés & fixés à la surface de la terre, nous approchons ou nous nous éloignons si peu de son centre, soit par les excavations permises à nos forces & à notre industrie, soit sur les montagnes que nous offre la nature, qu'un si petit changement de distance à l'égard du centre, ne permettoit pas à la pesanteur de varier sensiblement. Les expériences délicates du pendule ont fourni des moyens qu'on n'espéroit pas. M. Bouguer se voyant dans les Cordilières, à la plus grande hauteur où un homme soit jamais monté, imagina de répéter l'expérience du pendule & de déterminer sa longueur à différentes élévations. A Quito, étant élevé de 1466 toises au-dessus du niveau de la mer, il trouva qu'il falloit accourcir le pendule de 33 centiemes de lignes; c'est une preuve sans replique qu'en quittant le bord de la mer, & en s'éloignant du centre de 1466 toises de plus, la pesanteur étoit sensiblement diminuée. Mais ce n'est pas tout; étant monté sur le sommet de Pichincha, élevé de 2434 toises au-dessus de la mer, & de 968 toises au-dessus de Quito, il fallut encore accourcir le pendule de 19 centiemes de ligne: cette hauteur est le dernier terme où l'on peut atteindre, c'est là que commence la neige éternelle. Les montagnes, qui, comme Chimboraço, s'élevent plus haut dans les nues, ont leur sommet inaccessible; cette seconde expérience confirmoit la première, & montroit une diminution plus forte, en raison d'une distance plus grande. Mais il y a cela de remarquable;

que ces diminutions de la peſanteur ſont, à très-peu près, dans la raiſon inverſe du carré des diſtances, conformément à la loi que Newton a déduite du mouvement des corps céleſtes & des grandes opérations de la nature : c'eſt là qu'elle eſt dans ſa majeſté impoſante; ici elle étoit cachée ſous des variations preſque inſenſibles, elle étoit profonde, difficile à pénétrer, parce qu'elle agiſſoit en petit.

Tout ce qui concerne l'attraction, cette propriété générale & ſi ſingulière de la matière, mérite d'être approfondi : nous avons dit que les accourciſſemens du pendule ne donnoient, dans la diminution de la peſanteur, qu'à peu près la raiſon inverſe du carré des diſtances; pourquoi cet à peu près ? Pourquoi cette loi ne s'apperçoit-elle pas auſſi exactement dans les montagnes de la terre, & ſur ſa ſurface où nous obſervons les phénomenes, que dans ces orbites éloignées, où le ſoleil exerce un empire abſolu, & où la nature avoit écrit ſa loi pour Newton ? M. Bouguer a cherché la raiſon de cette différence, & voici ce qu'il a penſé : les groupes des hautes montagnes forment une petite maſſe ajoutée à la terre; elles s'élevent de la ſurface comme un ſecond ſol placé ſur le premier. Ce ſecond ſol eſt plus éloigné du centre, & ſi ces montagnes étoient continues, leur enveloppe ſphérique augmenteroit le globe, aggrandiroit ſon rayon : le tout formeroit un globe plus grand, une maſſe plus puiſſante; & comme l'attraction eſt en raiſon de la maſſe, il en réſulteroit pour les corps une tendance, ou une peſanteur plus grande. Mais l'attraction des parties lointaines d'un corps eſt preſque nulle en comparaiſon de l'attraction des parties voiſines : quoique la continuité de ces montagnes ſur tout le globe n'exiſte pas, les effets ſont les mêmes ſur les corps ſollicités à deſcendre dans ces montagnes, & par conſéquent ſur le pendule, dont la lentille tombe à chaque

ſeconde pour accomplir ſa vibration. Ainſi, d'une part, quand on eſt à cette élévation, la peſanteur eſt diminuée, parce qu'on s'eſt éloigné du centre où elle ſemble réſider dans toute ſon énergie ; de l'autre côté, cette même peſanteur eſt augmentée, parce qu'on eſt au milieu d'une quantité de matière, qui ajoute à la maſſe du globe, pour la rendre plus puiſſante, plus attractive; il ſemble qu'on ſoit paſſé ſur un globe plus grand & d'un plus long rayon. Ces deux effets ſont oppoſés, ils peuvent ſe balancer, ſe détruire ; il eſt poſſible que l'excès obſervable ſoit également de l'un ou de l'autre côté. Le volume de ces groupes de montagne peut être plus ou moins grand, compoſé de matières plus peſantes ou plus legères: la quantité même de ces matières peut être moindre que le volume ne l'annonce; car les volcans, qui ont travaillé les montagnes, en ont brûlé & ſouvent vidé l'intérieur, il ne reſte quelquefois que les murailles de ces fourneaux dévorans. Il dépendoit donc du haſard, c'eſt-à-dire, du concours de ces différentes circonſtances, que la peſanteur ſur le ſommet de Pichincha fût plus petite ou plus grande qu'au bord de la mer. Les circonſtances ont bien ſervi M. Bouguer, pour mettre ſous ſes yeux, en peu de tems, & dans peu d'eſpace, les variations de la peſanteur, dont la loi a été ſi long-tems inconnue (*a*). Mais ſi la puiſſance attractive des Cordilières avoit été plus conſidérable, il auroit pu arriver que la peſanteur s'y trouvât la même qu'au bord de la mer; M. Bouguer cependant auroit vu par le calcul, qu'en conſéquence des loix découvertes par Newton, le pendule devoit y être accourci d'environ une demi-ligne. Une demi-ligne ne peut manquer d'être ſenſible, les obſervations ne permettent point cette erreur; l'expérience

(*a*) Bouguer, Fig. de la terre, p. 338.

eût paru en contradiction avec la théorie. Mais qu'auroit-on pensé, s'il avoit fallu alonger le pendule, au lieu de l'accourcir; & si ce phénomene eût annoncé par une fausse apparence, que la pesanteur augmentoit en s'éloignant du centre de la terre ? On en peut tirer une leçon utile pour les observateurs, & pour les philosophes qui osent comparer les effets à leurs causes. Il ne faut pas se presser de condamner celles-ci, quand ceux-là ne sont pas entierement d'accord avec elles : qui doute que la nature n'ait pas encore, n'aura pas toujours des causes cachées ? Elle en a qui détruisent en partie & en secret le résultat de celles qui sont apparentes. Les causes ne doivent être appréciées, jugées que sur l'ensemble des faits expliqués : ceux qui n'ont pu l'être sont des exceptions. Il faut penser que leur explication est réservée à d'autres tems, à des hommes plus heureux ; ou que ces causes seront à jamais ensevelies dans le mystere impénétrable, qui est partout le terme de nos recherches.

Ces montagnes paroissent donc capables de modifier l'attraction du globe ; quoique petites en comparaison de sa masse, leur action peut être sensible. Mais ici cette action est mêlée, combinée avec la puissance de ce globe : nous pouvons nous tromper toutes les fois que nous tentons de séparer ce qui est uni par la nature ; une action ne peut être bien connue que lorsqu'elle agit seule, & que ses effets sont à nu. M. Bouguer se proposa d'isoler cette action pour l'apprécier. Le fil à plomb de nos quarts de cercle marque dans nos instrumens la ligne verticale dirigée du zénith au centre de la terre ; & lorsqu'on regarde un astre par la lunette, l'angle que la direction de cette lunette fait avec le fil à plomb, avec la ligne verticale, détermine la distance de l'astre au zénith. Le fil est vertical ; parce qu'un petit globe de métal suspendu à ce fil, pese vers

la terre; ce qui montre que, s'il étoit libre, il tomberoit, en obéiſſant à l'attraction de la terre. Mais en plaçant cet inſtrument au pied d'une haute & vaſte montagne, elle s'éleve à côté de l'inſtrument, &, comme lui, du ſol vers le ciel; ſi elle eſt capable d'action ſur le fil, ou plutôt ſur le petit globe ſuſpendu, elle doit l'attirer vers elle, & le détourner de ſa direction verticale. Alors le zénith de l'inſtrument change en apparence; & lorſqu'on répete les obſervations des mêmes aſtres dans un autre lieu aſſez diſtant de la montagne, pour que ſa foible attraction ſoit éteinte, le zénith redevient le vrai zénith du lieu. Si les obſervations comparées indiquent une variation du zénith, cet effet entierement dû à l'attraction de la montagne, manifeſtera ſon action, parce qu'elle agit dans une direction abſolument différente de celle de la terre.

Il falloit, pour eſſayer cette expérience, choiſir la montagne la plus élevée, celle qui auroit la plus large baſe & le plus grand volume, celle en même tems qui ſembleroit n'avoir été ni brûlée, ni vidée dans ſon intérieur par les volcans. Quoique la Cordilière offre un grand nombre de montagnes, il en eſt peu où ces circonſtances ſoient complettement réunies. Chimboraço, la plus haute des montagnes de la terre, parut la plus favorable, & M. Bouguer s'y arrêta; il penſoit, en ayant égard au volume de cette montagne, & en lui ſuppoſant une maſſe proportionnée, qu'il étoit poſſible que ſon attraction fût la 200^{e} partie de celle de la terre. Cette force étoit ſuffiſante pour détourner le fil vers la montagne, en ſorte que le zénith fût déplacé de 1′ 43″, quantité qui eût été très-ſenſible; les obſervations n'ont donné que 7″½ (a). Cette quantité eſt bien

(a) Bouguer, Fig. de la terre, pag. 367 & ſuiv.

petite pour être décisive; on peut craindre qu'elle ne soit due aux erreurs inévitables dans les observations. Cependant M. Bouguer ne le croit pas, & l'Astronôme de bonne foi est le meilleur critique & le meilleur juge de ses observations; il résulte au moins d'un effet si foible, que cette montagne a été, comme les autres, minée par les volcans.

D'autres effets se sont joints à l'observation précieuse de M. Bouguer, pour confirmer l'attraction des montagnes. M. de la Caille, dans le travail de la prolongation de la méridienne de l'Observatoire & de la carte de France, a pris le parti d'abandonner, pour la détermination du degré, les observations célestes faites à l'extrémité de cette méridienne, vers Perpignan, & trop près des Pyrenées (*a*). Nous citerons bientôt plusieurs exemples semblables; nous nous hâtons de rapporter une expérience plus décisive. M. Maskeline, Astronôme royal d'Angleterre, remarqua que celle qui avoit été faite au Pérou, laissoit encore quelque doute, & à M. Bouguer lui-même, puisque cet Astronôme desiroit que l'on trouvât en France & en Angleterre quelque montagne assez grosse pour avoir une attraction sensible, sur-tout en doublant son action (*b*). D'ailleurs M. Bouguer n'avoit employé qu'un quart de cercle de deux pieds & demi : il avoit été fortement incommodé du vent dans une de ses deux stations; & dans ces recherches délicates, il est essentiel que l'instrument soit bon, & que l'observateur soit à son aise. M. Maskeline avoit un secteur de 10 pieds de rayon; il résolut de s'en servir pour décider une question importante, & pour remplir le vœu de M. Bouguer. Il trouva heureusement dans la province du comté de Perth, au centre de l'Ecosse, une montagne assez haute, bien détachée

---

(*a*) Mém. Acad. des Scien. 1758, p. 243.

(*b*) Bouguer, Fig. de la terre, p. 389.

de toutes les autres, & fort large par sa base; il se proposa de déterminer par des observations célestes des mêmes astres, faites au nord & au midi de la montagne, la différence de latitude, ou la distance des deux parallèles entre lesquels la montagne étoit comprise. En déterminant ensuite cette distance par des opérations géodésiques, si ces deux mesures prises sur la terre & dans le ciel, se trouvoient différentes, si la mesure géodésique étoit plus petite, c'étoit une preuve que dans les deux stations la montagne avoit attiré le fil à plomb, déplacé chaque fois le zénith en sens contraire, & aggrandi la distance céleste. C'est précisément ce qui arriva. M. Maskeline a mis dans cette recherche tout le soin & toute la sagacité qu'on pouvoit attendre d'un Astronôme tel que lui; il n'a épargné ni le travail, ni la peine; il a observé 43 étoiles, & fait en tout 337 observations (*a*); il a trouvé la distance des parallèles de $54''$, & cette quantité prise par un milieu, ne differe des extrêmes que d'à-peu-près $2''$ (*b*). Les mesures géodésiques lui ont donné cette même distance de 4365 pieds, qui répondent, suivant la latitude du lieu, à $42''$, 94 : la distance céleste avoit donc été aggrandie; les zéniths avoient été déplacés de $11''$, 6. Mais comme cet effet appartient à un double déplacement, comme il résulte des deux attractions égales de la montagne au nord & au midi, il s'ensuit que chaque attraction a déplacé le zénith, a attiré le fil de $5''$, 8 (*c*). Cette quantité est encore plus petite que celle qu'avoit obtenue M. Bouguer, mais deux raisons la rendent plus concluante; 1°. parce qu'une seconde expérience l'est toujours davantage que la première, quand elle donne un résultat semblable;

(*a*) *Voy.* son Ouvrage sur l'attraction des montagnes, p. 22.

(*b*) Maskeline, attrac. des monta. p. 32.

(*c*) *Ibid.* p. 34.

2°. parce que l'inſtrument étoit meilleur & les commodités plus grandes. On ne peut donc plus douter que les montagnes ne ſoient, comme notre globe, capables d'attraction ; il n'y a plus de raiſon pour refuſer cette propriété aux plus petites portions de la matière. Car ſi la lune retenue dans ſon orbite par la puiſſance de la terre, ſi tous les corps, en ſe précipitant vers la ſurface de notre globe, ont manifeſté la force attractive des grands corps, pourquoi la plus haute montagne, toujours petite & chétive en comparaiſon de la terre, auroit-elle la même propriété, ſi cette force attractive n'étoit pas une loi générale, & ſi le moindre grain de ſable en étoit privé? On peut s'étonner que, malgré ces preuves multipliées, Newton ait encore des adverſaires ; c'eſt que ces preuves ne ſont pas encore aſſez connues, c'eſt que tout le monde n'a pas la balance pour les peſer. On ne comprend pas l'attraction; mais l'homme qui en doute, comprend-il comment il exiſte ? Nous vivons, & l'attraction agit par la volonté de l'Être ſuprême ; ce ſont deux faits de la nature, dont les cauſes & le méchaniſme nous ſont également inconnus.

Revenons aux réſultats des meſures priſes au nord & à l'équateur. Le degré meſuré en Laponie avoit été trouvé de 57438 toiſes ; ce degré, comparé au degré déterminé en France par Picard de 57060 toiſes, donneroit, pour le rapport des axes de la terre, celui de 121 à 122 ; c'eſt-à-dire, que la terre ſeroit applatie au pôle de la 122e partie du diametre de l'équateur. Cet applatiſſement differe beaucoup de celui qui avoit été annoncé par Newton; la théorie ne lui avoit donné qu'un 230e. On eſpéroit de la meſure faite au Pérou, un réſultat plus conforme à la théorie & plus exact, parce qu'il ſeroit conclu de meſures plus éloignées & plus différentes. Cependant on avoit quelques ſoupçons ſur l'ancienne opération de Picard. Ces ſoup-

çons ne se portoient pas sur la mesure géodésique; mais si l'habile observateur inspiroit beaucoup de sécurité à cet égard, il n'en étoit pas de même de la mesure de l'arc céleste. Bien des choses avoient changé depuis Picard; les instrumens étoient infiniment perfectionnés, les mouvemens apparens des étoiles découverts en Angleterre, devoient modifier les résultats de cet Astronôme, & l'Académie jugea nécessaire de répéter la mesure du degré entre Paris & Amiens. Les Académiciens nommés pour cette vérification, tranquilles sur la partie géodésique, ne s'occuperent que de la longueur de l'arc céleste; & ayant refait les observations astronomiques avec soin & avec de bons instrumens, ils trouverent que Picard s'étoit trompé de 123 toises. Selon leurs observations, le degré répondoit à 57183 toises : il résultoit de ce nouveau degré un applatissement plus petit; il n'étoit plus que d'une 178^e^ partie (*a*). Cependant la description de la France étoit continuée par les ordres du Roi; M. Cassini de Thury, conjointement avec M. l'abbé de la Caille & M. Maraldi, entreprit de vérifier aussi tout le travail de la détermination de la méridienne qui traverse le royaume & va de Dunkerque à Perpignan, en passant par Paris. C'est sur cette longue méridienne qu'étoient comptés & mesurés les degrés de France, qui depuis si long-tems embarrassoient la question de la figure de la terre. Ce travail avoit été commencé par Dominique Cassini; M. de Thury son petit-fils, étoit jaloux de concilier les mesures de France avec les autres, de trouver la source de l'erreur, ou du moins, s'il n'y en avoit pas, de constater authentiquement les différences. Il est à propos de remarquer que toute l'opération de la méridienne avoit été liée aux anciennes mesures de Picard; on partoit de sa base mesurée (*b*),

(*a*) Maupertuis, degré du méridien, p. VI.

(*b*) Méridienne, vérif. Disc. prélim. p. 12.

& ce nouveau travail devoit être une confirmation ou une critique du sien.

Les mesures célestes faites par tout le royaume, & comparées aux mesures faites sur le terrein, ne s'accorderent pas; elles donnerent partout des degrés trop grands, c'est-à-dire, plus grands que celui de Picard. On commença à soupçonner sa base & ses opérations géodésiques; M. de la Caille appercevoit même que pour concilier tout, il auroit fallu que cette base fût plus courte d'environ six toises (*a*). Cette base fut enfin mesurée en 1740 (*b*); elle le fut cinq fois en présence de Commissaires nommés par l'Académie, & il fut bien constaté qu'elle étoit en effet plus courte d'environ six toises. Si l'on a douté du résultat fondé sur des mesures si authentiques, si cette base a été remesurée de nouveau en 1754, c'étoit sans doute par une sorte d'égard pour la réputation de Picard, qui avoit commis cette erreur, & par un scrupule toujours louable, même dans ses excès; au reste cette derniere opération a confirmé complettement celles de MM. de Thury & de la Caille (*c*). Ce scrupule pour une petite erreur sur une longue base, prouve l'attention & le soin que l'on a mis à ces recherches délicates: & ils étoient nécessaires; car il en résultoit une différence de 50 à 60 toises sur la longueur du degré (*d*), & de 4 à 500 toises sur toute l'étendue de la méridienne.

(*a*) Méridienne vérifiée, Disc. prélimin. p. 17.

(*b*) On vérifia aussi l'exactitude de la direction de cette méridienne, & on trouva que le pilier de Montmartre, qui en déclinoit de 6'', selon Picard, en déclinoit de 10'' par cette vérification qui est complette. C'est tout en pareille matière, de s'accorder à quatre secondes près. Cet accord prouve encore que la position des méridiens ne change pas sur le globe, comme on l'avoit soupçonné jadis (*Suprà*, Tom. I. p. 582), du moins en 67 ans. Mém. Acad. des Scien. 1740, p. 282.

(*c*) Mém. de l'Acad. des Sciences 1754, p. 172.

(*d*) Picard s'étoit trompé de plus de 60 toises. En corrigeant ses observations astronomiques, le degré résultoit de 57183 toises; il n'est réellement que de 57074: il avoit donc commis, dans ses mesures géodésiques, une erreur qui produisoit 109 toises

C'eſt ici qu'on peut connoître la différence des tems & les progrès de la ſcience. Jadis les Chaldéens ſe tromperent de 5700 toiſes ſur le degré, ſans s'en douter (*a*) : les Arabes, plus habiles, ne furent en doute ſur ſa longueur que de 600 toiſes ; ils partagerent l'erreur ſur les deux degrés meſurés, & ſe ſont peu inquiétés que leur détermination fût aſſujettie à une incertitude de 300 toiſes. Aujourd'hui nous diſputons pour quelques toiſes ; on ne craint point de répéter les opérations les plus difficiles pour s'affranchir de cette incertitude.

Trois méridiennes ont été tracées à travers la France ; trois perpendiculaires coupent les méridiennes ; ces longues & pénibles opérations, cette deſcription d'un vaſte royaume, faite la toiſe à la main, & avec la régularité de la géométrie, ſont des travaux inconnus aux anciens. La France en a donné l'exemple ; Dominique Caſſini en a formé le projet, & l'a laiſſé en héritage à ſa poſtérité conſtamment ſavante. Jacques Caſſini ſon fils, M. Caſſini de Thury ſon petit-fils, les deux Maraldi ſes neveux, aſſociés à M. de la Caille, ont marché ſur ſes traces. Le travail tend vers ſa fin ; c'eſt au zele de M. de Thury que nous en devrons l'entière exécution ; la carte de France ſera bientôt complette. Si nous admirons les meſures de quelques degrés, exécutées jadis par Eratoſthènes, Poſidonius, & par les Arabes, que diront nos neveux de cette meſure d'une région entière ! Elle devient un modèle que pluſieurs nations de l'Europe s'empreſſent d'imiter. Ce ſont de telles entrepriſes qui font la gloire d'un peuple. La terre peut changer, les empires ſe détruire, les monumens des

---

ſur le degré : ſa baſe n'y étoit que pour 60. Mais on a remarqué que Picard, ſur la fin de ſon opération, preſſé par l'approche de l'hiver, s'étoit négligé dans la partie ſeptentrionale de ſes triangles ; & pluſieurs petites erreurs accumulées avoient été ajoutées à la première. (Mém. de l'Acad. des Scien. 1754, p. 185).

(*a*) Hiſtoire de l'Aſtronomie ancienne, p. 147.

ſciences reſtent pour atteſter la grandeur paſſée ; la mémoire s'en conſerve, & dans la ſuite des ſiecles, d'autres peuples admirent le génie & la puiſſance qui ne ſont plus.

Il réſulte du grand travail de la méridienne vérifiée, que la diſtance de Dunkerque à Perpignan eſt de 475650 toiſes pour un arc céleſte de 8° 20′ 12″½, d'où on calcule le degré moyen vers 47° de latitude de 57054 toiſes, à ſix toiſes près de celui que Picard avoit déterminé. On s'étonnera peut-être de cet accord, en penſant à l'erreur de ſa baſe ; mais il s'étoit trompé auſſi ſur la meſure céleſte, & les erreurs s'étoient compenſées. Si nous avons quelquefois loué avec juſtice les hautes facultés de l'eſprit humain, il ne faut pas négliger d'obſerver les écueils dont il eſt environné, où ſouvent il échoue, & les raiſons qu'il doit avoir de ſe défier même de ſes ſuccès. Combien d'occaſions ſemblables où il n'arrive à la vérité peut-être que par des mépriſes ! La diſtance de Paris à Perpignan étant de 350142 toiſes pour un arc de 6° 8′ 17″, le degré moyen vers 45° ſe trouve de 57045 toiſes. Quelque hypothèſe que l'on ſuive ſur la figure de la terre alongée ou applatie, une circonſtance favorable fait que le degré moyen entre tous les autres eſt à la moitié de la diſtance du pôle à l'équateur, c'eſt-à-dire, à 45° ; la France ſi heureuſement placée à tant d'autres égards, l'eſt auſſi pour déterminer ſeule la vraie étendue de la circonférence de la terre. Cette circonférence eſt de 20536200 toiſes, & en lui donnant 9000 lieues, dont la valeur eſt réglée & fixée relativement à cette étendue, elles ſeront chacune de 2282 toiſes.

En comparant les différentes meſures de cet arc de huit degrés, on voit que les degrés de Rhodès à Perpignan ſont de 57048 toiſes, de Paris à Amiens, de 57074, & vers Dunkerque, de 57081.

Voilà donc des degrés qui vont en croiſſant vers le pôle, & qui donnent à la terre une figure applatie, conformément à la théorie de Newton & à la meſure faite en Laponie; les meſures de France ne ſont plus en contradiction avec cette théorie. On voit combien dans ces recherches délicates, on peut cependant obtenir de préciſion, comment on parvient à des réſultats certains: la théoric, toutes les meſures de la pratique, faites en France & au nord, malgré l'immenſité de leurs détails, conſpiroient pour accuſer Picard & pour indiquer une erreur de ſix toiſes dans la meſure de ſa baſe; l'erreur de cette meſure étoit le nœud de la difficulté.

M. de Thury & M. de la Caille profiterent des travaux géodéſiques qu'avoient fait naître la prolongation de la méridienne de Paris & la deſcription de la France, pour tenter dans ce même royaume la meſure des degrés de longitude. Les diſtances terreſtres étoient déjà meſurées, il ne s'agiſſoit que de connoître l'arc céleſte qui y répondoit: on employa la méthode des feux (*a*). La diſtance terreſtre & en longitude entre la montagne de Cette en Languedoc, & celle de Sainte Victoire en Provence, fut trouvée de 78600 toiſes, & l'arc céleſte de 7′ 33″¼ de tems, ou de 1° 53′ 19″ (*b*). Il en réſulte que l'étendue du degré de longitude à 43°½ de latitude ou de diſtance à l'équateur, eſt de 41618 toiſes. Ce degré ſeroit ſeulement de 41358, ſi la terre étoit ſphérique; la différence eſt de 260 toiſes, & telle qu'elle doit être pour indiquer que la terre eſt applatie. Cependant elle n'eſt pas déciſive pour la quantité de l'applatiſſement, car ces 260 toiſes répondent à 3″ de tems, & l'erreur poſſible peut égaler au moins la moitié de cette quantité. Mais quand on ſe rappelle les incertitudes que la meſure

---

(*a*) *Suprà*, p. 22.

(*b*) Mérid. vérif. pag. 15 & 96.

des degrés des parallèles & des degrés de la perpendiculaire à la méridienne, avoient jetées sur la question de la figure de la terre (*a*), c'est beaucoup que ces mesures semblables donnent les mêmes résultats & viennent à l'appui des mesures plus favorables & plus décisives.

Enfin les Académiciens étant revenus du Pérou, ils apporterent une troisieme mesure que l'on pouvoit comparer avec les deux autres faites en France & en Laponie; mais ces nouvelles connoissances produisirent de nouvelles incertitudes. Le degré de Laponie supposé de 57438 toises, & celui de France qu'on avoit mal-à-propos porté à 57183 toises comparés, avoient donné pour l'applatissement de la terre $\frac{1}{178}$e. (*b*). Ces degrés réduits à 57422 (*c*) & à 57074 toises, donnoient $\frac{1}{132}$e: le degré du Pérou de 56750, comparé à celui de France, donnoit $\frac{1}{304}$e; & avec celui du nord, l'applatissement étoit de $\frac{1}{210}$e (*d*). Le degré de longitude mesuré en Provence par MM. de Thury & la Caille, comparé au degré de latitude correspondant, donnoit $\frac{1}{169}$e (*e*); si l'on y ajoute l'applatissement de $\frac{1}{230}$e que Newton a déduit de sa théorie, on aura cinq applatissemens différens, conclus des quatre mesures & de la théorie. Il est difficile de différer davantage; la plus grande de ces fractions est plus que double de la plus petite.

M. Bouguer considérant que toutes ces mesures sont également bonnes, également éloignées du soupçon, ne voulut pas en préférer aucune: il pensa qu'il falloit chercher une hypothèse qui permît de les admettre toutes; ou plutôt qu'il falloit

(*a*) *Suprà*, p. 5.

(*b*) *Ibid.* p. 34.

(*c*) On a retranché seize secondes à cause de la réfraction qui avoit d'abord été négligée, & qui n'étoit cependant pas insensible, puisqu'elle produisoit une seconde sur la hauteur des étoiles observées près du zénith.

(*d*) La Condamine, Voy. à l'équa. p. 258.

(*e*) Méridi. vérif. p. 114.

choisir celle qui seroit fournie par les observations mêmes. Dans un sphéroïde les degrés croissent ou décroissent en raison des carrés de la latitude ; ici les degrés ne varient point, suivant cette loi, mais suivant celle des carrés carrés, ou des quatriemes puissances. C'est la loi qu'il adopta ; cette loi, l'applatissement supposé de $\frac{1}{179}$e, lui représenterent très-bien les trois degrés mesurés en latitude, & même celui que M. de Thury & M. de la Caille avoient mesuré en longitude (*a*). Le sphéroïde de la terre n'étoit plus elliptique, sa figure en différoit très-peu, mais sa courbure étoit plus composée. On pouvoit demander à M. Bouguer si cette hypothèse étoit physique, c'est-à-dire, si elle étoit conforme aux loix connues de la nature. Il résultoit de cette loi que la terre étoit plus applatie, ou du moins que ses degrés de l'équateur au pôle diminuoient plus rapidement que dans un sphéroïde elliptique. Cependant il semble que la rotation uniforme d'un globe autour de son axe, ne peut, en rapprochant ses pôles de son centre, lui donner que la figure d'un sphéroïde elliptique ; mais ces difficultés ne sont pas les plus grandes.

M. de la Caille se trouvant au Cap de Bonne-Espérance, où il s'étoit transporté pour observer les étoiles australes, ayant une activité qui doubloit son existence & son tems, se proposa de mesurer un degré du méridien, & de répéter seul cette grande opération, qui avoit toujours été le produit de la magnificence des Princes & du concours des hommes ; il obtint la même exactitude & la même confiance, en se multipliant lui-même, pour suppléer au manque de coopérateurs. M. de la Caille détermina ce degré de 57037 toises, presque aussi

(*a*) Bouguer, Fig. de la terre, p. 303.

grand

grand au Cap de Bonne-Espérance, à la latitude méridionale de 34°, qu'il a été trouvé en France à la latitude septentrionale de 49°; il sembleroit donc que les deux hémisphères ne seroient pas semblables, & que la terre auroit été plus applatie par le pôle austral que par le pôle boréal. Ce n'est pas tout, MM. Mason & Dixon ont mesuré dans l'Amérique septentrionale un degré qui ne s'accorde ni avec ceux de France, ni avec celui de M. de la Caille. M. l'abbé Beccaria a trouvé en Piémont le degré semblable à celui de France pour la même latitude; mais MM. Boscovich & Maire, M. Liesganig (*a*), les uns en Italie, l'autre en Autriche & en Hongrie, ont trouvé des degrés qui ne s'accordent pas avec ceux qui ont été mesurés en France à la même latitude, mais sous un autre méridien (*b*).

Voilà bien des incertitudes, & assez pour nous apprendre comment la perfection des sciences & des arts devient si difficile, qu'ils ne font presque plus de progrès. Lorsque nous voulons descendre à des mesures trop petites, à des résultats si

(*a*) Liesganig, *Dimensio graduum*, &c. p. 214.

Ce qu'il y eut de très-singulier, c'est qu'en partageant sa mesure en trois intervalles, il trouva trois degrés différens, l'un de 57366 toises, l'autre de 57085, le troisieme de 56899. Le P. Liesganig avoit cependant opéré dans toutes les mesures, tant géodésiques que célestes, avec l'intelligence & les précautions nécessaires; il avoit fait usage d'un sextant de 10 pieds de rayon. Mais il pense que l'attraction des montagnes de Stirie a produit ces différences, trop grandes pour être attribuées à l'erreur des opérations faites par un homme aussi capable que lui. (*Trans. philos.* 1768, p. 15.). Voilà une nouvelle preuve de l'attraction des montagnes.

(*b*) M. Maskeline pense que les méridiens peuvent n'être pas semblables, ou du moins que l'attraction des montagnes a beaucoup altéré quelques-unes de ces mesures. (*Trans. philos.* 1768, p. 270.

M. Cavendish a examiné la chose plus scrupuleusement, & ayant calculé géométriquement l'effet des inégalités de la terre, il a trouvé que d'une part l'attraction des montagnes, de l'autre, pour les mesures qui ont été faites près de la mer, l'attraction plus foible de l'eau ont pu produire une différence de 60 à 100 toises dans la longueur du degré. Ce n'est donc que par de nouvelles recherches sur les circonstances de toutes ces mesures, qu'on pourra parvenir à les faire accorder, ou bien il faudra se résoudre à ignorer toujours la vraie & exacte figure de la terre (*Ibid.* p. 323.

fins & si délicats, qu'ils échappent à nos sens & à nos moyens, nos opérations ne peuvent plus correspondre aux vues de l'esprit, & la perfection que nous appercevons, que nous croyons saisir, s'éloigne sans cesse & recule devant nous, comme ces objets que le voyageur trompé voit à peu de distance, & croit être prêt d'atteindre. Mais quelque contradiction que nous ayons remarquée dans les résultats précédens, il est des points sur lesquels ils s'accordent, il est des différences dont on peut soupçonner les causes; c'est à la théorie que nous devons demander des lumières. Newton & Huyghens avoient tous deux enseigné que dans un globe primitivement fluide, la force centrifuge, produite par la rotation, avoit dû élever l'équateur & applatir les pôles. Huyghens considérant la pesanteur comme une force due au globe pris en masse, trouvoit un applatissement de $\frac{1}{578}$e. Newton, persuadé que cette force naissoit de l'attraction de toutes les parties qui pesent les unes vers les autres, applatissoit la terre, plus que n'avoit fait Huyghens, & faisoit cet applatissement de $\frac{1}{230}$e. Les résultats précédens permettent de prononcer entre les deux théories. Le premier résultat que l'on peut admettre comme vérité, c'est que la terre a été originairement fluide; ses parties animées par la pesanteur & liées par la cohésion, n'auroient pas obéi à la petite force centrifuge, si elles n'avoient été molles, ou plutôt liquides & capables de glisser facilement, ou de rouler les unes sur les autres (*a*). La quantité déterminée de cet applatissement, quoique presque toujours différente par les différentes mesures, s'éloigne infiniment de l'applatissement que donne la théorie d'Huyghens; celui-ci n'est à-peu-près que de $\frac{1}{600}$e partie; le plus petit qui nous soit donné par les observations

(*a*) *Suprà* Tome II. p. 535.

eſt de $\frac{1}{300}$e partie : il eſt donc le double de celui d'Huyghens, & tous les autres s'en éloignent davantage. L'applatiſſement de la terre démontre donc que Newton avoit raiſon d'attribuer l'attraction à toutes les parties de la matière. Mais malgré la vérité du principe, on pouvoit regarder la ſolution du problême comme inexacte & inſuffiſante. Newton, pour déterminer l'applatiſſement de la terre, avoit commencé par la conſidérer comme un ſphéroïde elliptique : elle ne pouvoit avoir cette figure qu'en vertu de ſon applatiſſement ; c'étoit ſuppoſer ce qui étoit en queſtion. M. Stirling démontra le premier la légitimité de cette ſuppoſition, pourvu que la terre ſoit homogène ; alors l'applatiſſement eſt de $\frac{1}{230}$e, comme Newton l'a annoncé. M. Clairaut alla plus loin, il reconnut que la ſuppoſition étoit encore légitime, en regardant la terre comme compoſée d'une infinité de couches concentriques, toutes de denſité différente ; il a traité la matière à fond dans ſon bel ouvrage de la figure de la terre. Il ſe propoſe un problême plus général & plus difficile que celui de Newton, c'eſt de déterminer la figure du globe en établiſſant que toutes ſes parties s'attirent mutuellement, & que toutes ſes couches ſont de denſité différente, & même de figure différente, quoique toutes elliptiques. Les obſervations faites par M. Bouguer & par M. Maskeline, ne permettent plus de croire que la terre ſoit ſenſiblement homogène ; ſi ſon intérieur n'étoit pas beaucoup plus denſe que ſa ſuperficie & ſes inégalités extérieures, l'attraction des montagnes eût été beaucoup plus ſenſible. M. Clairaut, en ſuppoſant que les planetes *ont été* originairement fluides & non homogènes, trouve 1°. que la peſanteur doit diminuer ſur la ſurface depuis le pôle juſqu'à l'équateur, d'une quantité plus conſidérable que ſi elles étoient homogènes ; 2°. que cette diminution ſera toujours proportionnelle au carré

du cosinus de la latitude (*a*) : ces deux résultats sont conformes à l'expérience. Nous avons vu que M. Bouguer a observé que sous l'équateur la pesanteur étoit plus diminuée qu'elle ne devoit l'être en raison de la force centrifuge (*b*). Quand on compare ensemble les quantités dont il faut accourcir le pendule en différens lieux, à mesure qu'on approche de l'équateur, on trouve que ces quantités varient comme la théorie l'exige. M. Clairaut a vu encore par cette théorie, que la quantité dont la pesanteur au pôle doit surpasser la pesanteur à l'équateur, sera exprimée par le double de l'applatissement qu'auroit la terre si elle étoit homogène, moins l'applatissement réel & donné par l'observation (*c*); il fait voir que cet excès ne peut jamais être moindre que $\frac{1}{230}$e, & l'applatissement jamais plus grand que $\frac{1}{230}$e (*d*). C'est ici que les observations sont contraires & que la théorie semble en défaut. Quoique nous n'ayons pas déterminé la longueur du pendule, & par conséquent la force de la pesanteur sous le pôle même, nos Académiciens, qui ont été jusqu'au cercle polaire, y ont trouvé le pendule plus long qu'à l'équateur de deux lignes six centiemes. On peut par conséquent en conclure qu'il seroit plus long sous le pôle, au moins d'environ deux lignes quarante centiemes. C'est beaucoup plus que ce qui auroit lieu sur la terre homogène; suivant M. Bouguer, la diminution produite par la force centrifuge n'y feroit alonger le pendule que d'une ligne & demie (*e*). Mais la théorie enseigne que cette diminution ne peut devenir plus sensible qu'aux dépens de l'applatissement. L'applatissement sera d'autant plus petit, que la diminution de la pesanteur sera plus grande; si l'on est obligé d'alonger le pendule au pôle de 2l. $\frac{40}{100}$es, comme

(*a*) M. Clairaut, Figure de la terre, p. 295.

(*b*) *Suprà*, p. 25.

(*c*) Clairaut, Fig. de la terre, p. 296.

(*d*) *Ibid.* pag. 297 & 298.

(*e*) Bouguer, Fig. de la terre, p. 346.

nous venons de le supposer, la diminution de la pesanteur à l'équateur sera de $\frac{1}{184}$e, & l'applatissement ne pourra plus être que de $\frac{1}{307}$e. Ce résultat, quant à l'applatissement, differe de ce que donnent la plupart des degrés mesurés. Ce n'est pas que le degré du Pérou comparé à celui de France, ne donne assez précisément un applatissement de $\frac{1}{304}$e; mais comment s'en rapporter à une seule comparaison, lorsque tant d'autres concourent à donner un applatissement plus grand, & quelquefois plus que double.

En suivant les progrès de la théorie, nous trouvons que M. d'Alembert a repris cette grande question de la figure de la terre sous un point de vue plus vaste. La géométrie ne peut s'appliquer à la physique que par les élémens que celle-ci lui fournit; ces élémens sont ou connus par l'expérience, ou supposés comme vraisemblables. La géométrie ne peut pécher que par ces élémens, par les données; si la théorie n'est pas d'accord avec l'expérience, c'est donc sur ces élémens qu'il faut revenir. Jusqu'ici on avoit supposé que dans un fluide composé de couches de différente densité, les couches devoient être toutes de niveau, c'est-à-dire, que la pesanteur devoit être perpendiculaire à chacune de ces couches; M. d'Alembert a cherché la figure des différentes couches du sphéroïde, non seulement en supposant, comme on l'avoit fait avant lui, que ces couches soient fluides, qu'elles s'attirent & qu'elles aillent en diminuant ou en augmentant de densité, suivant une loi quelconque, du centre à la circonférence; mais en supposant de plus, ce que personne n'avoit encore fait, que la pesanteur ne soit point perpendiculaire à ces couches, excepté à la couche supérieure (*a*). Voilà la premiere supposition, dont

(*a*) Encyclopédie, art. Fig. de la terre.

M. d'Alembert a débarrassé la question. Mais la figure elliptique attribuée au sphéroïde est encore une supposition, vraisemblable à la vérité, mais toujours un peu arbitraire. On l'avoit adoptée, parce qu'elle rend la question plus simple & le calcul des attractions plus facile; M. d'Alembert a donné une solution qui peut s'appliquer à une infinité d'autres figures que la figure elliptique. Il ne restoit plus qu'une derniere supposition, c'est que quelle que soit la figure du globe, tous les méridiens sont semblables par leur courbure. M. de Buffon, considérant en naturaliste & en philosophe les inégalités de la surface de la terre, pensa le premier qu'elle n'avoit point une figure régulière (*a*). M. de la Condamine, M. de Maupertuis, M. l'abbé Boscovich qui tous ont mesuré la terre, ne s'éloignerent pas de cette idée. Enfin M. d'Alembert dépouilla encore le problême de cette condition arbitraire de la similitude des méridiens; il supposa que dans le sphéroïde les méridiens n'étoient pas semblables, que non seulement chaque couche y différoit des autres en densité, mais que tous les points d'une même couche différoient également de densité entr'eux (*b*). Toutes ces recherches géométriques sont des ressources pour concilier la théorie avec l'observation; nous ne pouvons pas être encore assurés que la pesanteur est perpendiculaire à toutes les couches de la terre, que sa figure est elliptique, que ses méridiens sont semblables. Ces suppositions peuvent être admises, parce qu'elles sont vraisemblables; l'observation nous apprendra quelque jour celles qui doivent être conservées comme légitimes. La plus importante de ces suppositions est celle de la similitude des méridiens; car si les méridiens different entr'eux par la courbure, on ne peut penser que la figure de la terre soit

(*a*) Hist. nat. *in*-12, Tom. I. p. 240.

(*b*) Encyclop. art. Fig. de la terre.

elliptique, quelle que soit la maniere dont elle se soit consolidée, & dont elle ait été altérée depuis sa formation. Si cette formation s'est faite avec régularité, on doit trouver partout ressemblance & régularité : si des causes puissantes ont pu altérer sa forme solide & primitive, ces causes n'ont point été locales ni bornées à quelque point du globe ; elles ont eu une étendue analogue à leur puissance, elles ont tout changé à la surface, & mis partout le désordre & l'irrégularité à la place de la symétrie & de la ressemblance.

Sans doute la surface du globe offre des inégalités sensibles ; on voit au premier coup d'œil que les deux hémisphères ont été bien différemment partagés. Au nord de l'équateur sont les grandes masses de terre ; si ce cercle partage l'Amérique en deux portions à peu près égales, on trouve dans l'hémisphère boréal l'ancien monde presqu'entier, c'est-à-dire, l'Asie, l'Europe & les trois quarts de l'Afrique. L'hémisphère austral paroît être le domicile des eaux ; elles y sont en plus grande quantité, les mers y sont plus vastes, les îles petites & rares, & ces immenses parties de l'Océan semblent les déserts & les solitudes de la mer. Ces mers ont d'ailleurs une grande profondeur ; le midi, pour balancer le nord, oppose donc une grande masse d'eau à un vaste continent. Toutes les matières solides dont ces continens sont composés dans leur intérieur, ~~sont plus p~~esantes que l'eau ; on a peine à concevoir comment ces deux hémisphères inégalement chargés, peuvent se faire équilibre. Il y a plus, toutes les pointes des continens regardent le midi : il semble que les eaux se soient échappées de cette partie du monde pour se répandre sur le globe, & que leur action étant divisée à la rencontre des terres, elles se soient écoulées des deux côtés, en amincissant le continent, & en donnant à ses extrémités cette forme angulaire,

qui ſemble le témoin de l'irruption & de la réſiſtance; mais nous ne connoiſſons point de cauſe phyſique qui ait pu produire cette irruption des eaux.

Dès que le globe a eu pris une forme ſolide, cette forme a été conſtante : tout eſt reſté à la même place dans les limites preſcrites par la nature; les mers ſont attachées à leur lit, comme les montagnes au ſol qui leur ſert de baſe. Tout ce qui pourroit réſulter de ce partage inégal entre les deux hémiſphères, c'eſt que le centre de gravité ne ſe trouveroit pas préciſément au milieu du globe. Cet écart du centre de gravité, qui ne peut être que très-petit, ne doit point influer ſur nos meſures priſes à la ſurface : les inégalités mêmes de cette ſurface ſont nulles en comparaiſon de ſon étendue; les montagnes ne ſont que des points ſur le globe, ce ſont des écarts du niveau, des exceptions à la loi de ſa continuité. Quand on ſuppoſeroit que quelques-unes des régions où nous avons meſuré les degrés, euſſent été conſidérablement élevées, ou excavées par des cauſes violentes & locales, il n'en réſulteroit aucune erreur. Le niveau nous avertit de la pente, le baromètre nous apprend l'élévation au-deſſus des mers; & avec ces données, nous pouvons tout réduire à l'exactitude géométrique, qui n'eſt nulle part dans une nature toujours variée, mais qui eſt la meſure commune à laquelle nous l'avons partout aſſujettie. Ce n'eſt donc pas à tous ces légers accidens de la ſurface qu'on peut attribuer l'incohérence de nos meſures, puiſqu'il eſt démontré que le globe peut être en équilibre avec une figure elliptique. Si par une irrégularité quelconque, ſa vraie forme s'éloigne un peu de cette figure, il faut que cette irrégularité permette l'équilibre; il faut donc qu'elle tienne à l'arrangement général, & qu'elle ait eu lieu au moment de la formation. Mais alors comment une formation,

dont

dont les cauſes ſont ſimples, a-t-elle pu laiſſer introduire aucune irrégularité ? Ces cauſes ſont la fluidité peu à peu conſolidée, la peſanteur, la rotation, la force centrifuge : la fluidité permettoit tout, la peſanteur auroit impoſé au globe la forme ſphérique, la rotation a dû rendre circulaires les parallèles à l'équateur, & la force centrifuge ſemble avoir dû rendre les méridiens elliptiques; M. Clairaut démontre que les ſuppoſitions les plus vraiſemblables & les plus naturelles ſur l'intérieur du globe, demandent cette figure.

M. de la Place, qui vient de traiter de nouveau la queſtion de la figure de la terre, s'eſt livré à cette recherche dans un ordre oppoſé à celui qui avoit été ſuivi juſqu'ici : on ſuppoſoit une figure, & on examinoit ſi l'équilibre pouvoit la permettre; il a cherché au contraire la figure qui convenoit à l'équilibre. L'équation très-générale ſeroit entiérement ſatisfaiſante, ſi elle étoit ſuſceptible d'une intégration rigoureuſe; l'ellipſoïde, comme cela doit être, y eſt renfermé avec beaucoup d'autres figures. M. de la Place en a exclu un grand nombre. Mais quoique l'ellipſoïde lui paroiſſe la ſeule qui s'accorde avec l'équilibre du globe, il n'oſe prononcer que cette forme ſoit en effet unique ; cependant, malgré cette incertitude, il a tiré ce réſultat intéreſſant, que quelle que ſoit la forme, pourvu qu'elle differe peu de la ſphère, les variations de la peſanteur ſuivent la même loi que dans le ſphéroïde elliptique (*a*).

Il y a donc beaucoup d'apparence que la figure de la terre eſt réellement elliptique. Nous ne dirons pas que les variations ſont telles, qu'elles doivent être relativement à cette figure, puiſque la figure n'y change rien ; mais nous remarquerons que

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scienc. 1772, ſeconde Partie, p. 536.

la quantité observée de ces variations indique un applatissement de $\frac{1}{307}$e. On objectera que cet applatissement est beaucoup plus petit que celui qui résulte de plusieurs degrés mesurés. Ce n'est point dans un ouvrage de la nature de celui-ci que nous pouvons discuter ces mesures & prononcer entr'elles ; cependant nous devons dire qu'il y a plusieurs bonnes raisons qui pourroient porter à croire que l'applatissement ne surpasse pas $\frac{1}{300}$e (*a*). 1°. Cet applatissement résulte réellement de la comparaison du degré du Pérou avec celui de France ; il pourroit donc être regardé comme vérité d'observation. 2°. La théorie enseigne que si la terre est homogène, l'applatissement doit être de $\frac{1}{230}$e ; si la terre ne l'est pas, l'applatissement doit être moindre. Or il résulte des variations observées de la pesanteur & de la relation nécessaire entre ces variations & l'applatissement de la terre, que cet applatissement peut être de $\frac{1}{307}$e; voilà donc la vérité d'observation établie par la théorie. 3°. On peut confirmer encore cette même vérité par l'analogie. Jupiter a, comme la terre, une figure applatie ; son applatissement est même plus considérable que celui de notre globe, parce qu'il tourne sur lui-même en dix heures, & conséquemment avec plus de vîtesse que la terre. On trouve par la théorie que cet applatissement doit être moindre que $\frac{1}{10}$e, si le globe de Jupiter n'est pas homogène ; les observations les plus exactes & les plus récentes ne donnent que $\frac{1}{14}$e (*b*). On peut donc conclure de la théorie & de l'observation que la

(*a*) M. l'abbé Boscovich, en employant les degrés mesurés par le P. Liesganig avec les huit autres, a trouvé pour l'ellipticité de la terre $\frac{1}{111}$e, & si l'on omettoit le seul degré de Laponie, qui differe sensiblement des autres, sur-tout du degré de l'Amérique septentrionale, & de celui de Bohême, on auroit, selon cet auteur, $\frac{1}{241}$e. Ces deux fractions ne s'éloignent pas beaucoup de $\frac{1}{335}$e que M. Boscovich trouve par la théorie, en faisant varier les densités d'une manière assez naturelle. (*Voyages astron. & géogra.* édition de 1770, pag 512 & dernière.)

(*b*) Clairaut, Fig. de la terre p. 198 & 303.

matière de Jupiter n'eſt pas homogène. Les recherches ſur l'attraction des montagnes prouvent que l'intérieur de notre globe eſt plus denſe que ſa ſuperficie : la reſſemblance entre les corps du ſyſtême ſolaire & l'analogie, font préſumer que la terre n'eſt pas plus homogène que Jupiter ; l'applatiſſement de la terre doit donc être moindre que $\frac{1}{230}$e, puiſque celui de Jupiter eſt moindre que $\frac{1}{10}$e.

Il eſt vrai que l'applatiſſement de $\frac{1}{307}$e ne s'accorderoit pas avec pluſieurs des degrés meſurés, mais les différences n'ont-elle pas des cauſes probables ? Ici on a opéré ſur les bords de la mer ; on avoit à côté de ſoi un abîme d'eau, qui moins agiſſante que les terres ſolides & peſantes, a pu introduire quelque déviation dans le fil à plomb. Ici on étoit au pied des montagnes, & leur maſſe a pu de même altérer la direction de ce fil. Partout les meſures céleſtes ont été aſſujetties à la petite incertitude inévitable dans les obſervations aſtronomiques ; il eſt difficile de répondre de deux à trois ſecondes ; trois ſecondes produiſent 48 toiſes ſur le degré. Les meſures géodéſiques, quoique plus ſuſceptibles de perfection & de vérification, comportent auſſi quelques erreurs : on peut donc ne ſe pas étonner ſi, malgré notre induſtrie, toujours active & vigilante, il reſte encore tant d'incertitudes, après tant d'efforts ; nos moyens ſont bornés, au-delà de leur ſphère, tout reſte dans l'incertitude. La nature agit autour de nous, ſans nous avertir ; elle peut altérer les réſultats les plus vrais, ſoit par les cauſes connues, dont en certains cas l'intenſité & la marche ſont ignorées, ſoit par des cauſes cachées qui ſeront un jour découvertes. Tout eſt courage & induſtrie dans l'eſprit de l'homme ; tout eſt ſource d'erreur dans le phyſique, ſoit au-dedans, ſoit autour de lui. Sachons douter, lorſque la certitude nous manque : contentons-nous d'être certains que la terre eſt applatie,

que son applatissement ne s'éloigne pas beaucoup de $\frac{1}{300}$e, laissons le reste aux tems à venir ou aux profondeurs de la nature, si une connoissance plus exacte nous est à jamais refusée.

Il reste une question importante, qu'il est peut-être possible de décider, c'est celle de la ressemblance ou de la dissimilitude des méridiens; les huit degrés mesurés en France, sous le méridien de Paris, offrent un point de comparaison. M. de Lisle avoit proposé en 1737 à l'Académie de Pétersbourg, d'imiter l'exemple de la France, & de prolonger la méridienne de cette ville dans les vastes dominations de l'empire de Russie. Cette méridienne auroit embrassé 22 ou 23°; celle de Moscou & celle d'Astracan auroient à peu près la même longueur. Si on eût tracé ces lignes, si on les eût liées par des triangles, pour connoître la valeur des degrés des parallèles, on auroit mesuré le quart de la distance du pôle à l'équateur. Cette suite de degrés déterminés montreroit d'une maniere incontestable, si leurs variations sont uniformes; ces degrés, comparés à ceux de France, feroient juger si les différens méridiens ont une courbure semblable ou irrégulière; en même tems les degrés du méridien, comparés à ceux des parallèles, pourroient indiquer si la dépression du globe a été accomplie avec une sorte de généralité, comme la chose a dû se passer dans une masse entiérement fluide & remuée dans son entier par la rotation diurne. L'entreprise est magnifique, elle est d'une exécution pénible, couteuse, & propre à rebuter des Souverains ordinaires. Mais au tems où nous sommes, la Russie possede une Impératrice que les entreprises vastes n'effrayent point, & que les entreprises utiles encouragent. Si elle veut contribuer au progrès des sciences, elle ordonnera ces mesures dans son empire immense; elle joindra son nom à ceux des auteurs

des grandes découvertes : elle a chez elle les moyens qui nous ont manqué aux extrémités du monde ; elle peut completter notre ouvrage ; & si les François ont eu le courage & la gloire de constater la vraie figure de la terre, c'est à la Russie à nous éclairer sur sa régularité.

La Terre & Jupiter sont les seules planetes dont l'applatissement ait été jusqu'ici constaté par l'expérience. Mercure & Vénus, quoique moins éloignés que Jupiter, sont encore trop loin de nous ; & sur-tout leur apparence est trop petite, pour que l'applatissement de leur globe n'échappe pas à notre vue : leur rotation ne peut rien nous apprendre, celle de Mercure est inconnue, celle de Vénus est contestée ; ou quand on admettroit la plus prompte, celle de Dominique Cassini, qui est de 23^h, elle seroit encore trop lente pour produire un applatissement sensible. On en doit dire autant de Mars, dont la révolution diurne est de $24^h\ 40'$: son applatissement ne doit guères surpasser celui de la Terre ; & que seroit une différence de $\frac{1}{200}$, ou de $\frac{1}{300}$ sur un globe d'une si petite apparence ? Saturne, plus éloigné, Saturne qui nous cache encore la durée de ses jours, ne peut nous donner connoissance de la différence de ses axes. La Lune, qui est plus à notre portée, qui nous offre un disque plus grand, où les différences peuvent être facilement mesurées, la Lune a une révolution diurne, si lente, que ses parties ont très-peu de force centrifuge, & n'ont pu s'élever sensiblement vers son équateur ; aussi l'observation de la pleine Lune lui donne-t-elle une figure en cercle régulier, & des diamètres égaux. Cette planete peut être encore déformée, mais c'est dans un sens où il nous est difficile de nous appercevoir de son irrégularité. On sait que sa révolution diurne sur elle-même est combinée de manière, avec sa révolution périodique autour de la Terre, qu'elle

tourne ſans ceſſe vers nous la même face, ſans qu'il nous ſoit permis de voir ſon autre hémiſphère : cet autre hémiſphère eſt donc toujours plus éloigné de la Terre, & moins ſoumis à ſon action, celui qui eſt viſible, y eſt, par la même raiſon, plus expoſé; les parties de cet hémiſphère ont dû s'elever vers la Terre par cet excès de force, & la Lune doit être alongée dans le ſens de celui de ſes diamètres qui eſt dirigé vers nous. Quoique cette figure échappe à nos ſens & à nos obſervations, quoiqu'elle n'ait été apperçue que par les yeux de la Géométrie, ce réſultat ne laiſſe pas que d'avoir quelque certitude; car la géométrie n'eſt autre choſe que la raiſon humaine réduite à des regles & aſſujettie au calcul. Newton, qui poſſédoit parfaitement ce ſens intime de l'eſprit, avoit déjà donné cette figure à la Lune, & calculé que ſon axe dirigé vers nous, doit être alongé de 186 pieds.

Ces inégalités de figure doivent donner à ſon équateur un mouvement rétrograde, & à ſon axe un balancement ſemblable à la nutation de l'axe de la Terre; auſſi les Aſtronômes ont-ils reconnu le mouvement des nœuds de cet équateur. M. Caſſini, & après lui, MM. Mayer & de la Lande ont remarqué que depuis plus de cent années les nœuds de cet équateur étoient toujours au même point du ciel que ceux de l'orbite de la Lune; il faut donc que les uns & les autres aient le même mouvement. Ainſi la Lune, qui nous intéreſſe par tant de raiſons, eſt encore remarquable par deux ſingularités qui peut-être n'ont point leurs pareilles dans le ſyſtême du monde : l'une que la tranſlation de cette planete autour de la Terre ſe fait préciſément dans le même tems que ſa rotation ſur elle-même; l'autre, que le mouvement des nœuds de ſon équateur eſt parfaitement égal au mouvement des nœuds de ſon orbite. On peut s'étonner de trouver

tant de conformité entre des effets qui semblent appartenir à des causes différentes.

Voilà tout ce que nous savons sur la figure des planetes solides & opâques ; il nous reste à dire un mot de celle du Soleil. Cet astre assujetti aux mêmes loix que les autres, tournant comme eux sur son axe, doit avoir une figure applatie, comme la Terre & Jupiter ; mais sa révolution est de $25^{j}\frac{1}{2}$. Cette lenteur ne donne aux parties de son globe qu'une petite force centrifuge, & son applatissement ne doit être que d'environ un $\frac{1}{300000}$e : il est parconséquent inobservable ; aussi n'a-t-on jamais pu l'appercevoir par les observations les plus exactes. Au contraire M. Bouguer, en se servant de l'héliomètre qu'il a inventé, & de toute la précision que cet instrument comporte, a trouvé que le diamètre vertical surpassoit l'horizontal au moins de deux secondes (*a*). M. de la Lande l'a observé de même (*b*) : peut-être cette différence vient-elle de la décomposition des rayons colorés ; c'est la cause la plus vraisemblable. Mais quand, par une disposition contraire à celle de toutes les planetes, le Soleil seroit alongé, tandis que les planetes sont applaties par les pôles, il n'y auroit peut-être en cela rien d'extraordinaire ; ces astres ne sont point de la même nature. Le soleil est un feu en activité, il est livré à une continuelle agitation : les parties constituantes des planetes sont en repos ; elles sont compactes, après avoir été fluides. Le Soleil renferme nécessairement une masse dure & solide que le feu travaille, détruit, divise, & qui à son tour doit parvenir à l'état de fluide ; les circonstances n'étant pas les mêmes, les phénomènes doivent être

(*a*) Mém. de l'Ac. des Scien. 1748, p. 11. (*b*) Astr. Tom. III. p. 406.

différens. Il seroit possible que le noyau solide de cet astre eût été primitivement alongé : mais il ne faut point établir des conjectures pour expliquer des faits encore peu avérés ; il nous suffit de montrer que cette exception même ne détruiroit pas la loi générale.

HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS II.

Suite des Progrès de l'Astronomie.

Il est des circonstances que le hasard semble faire concourir pour le succès des entreprises. Nous venons de rendre compte de la grande opération de la mesure de la terre ; mais dans le tems même où la France en étoit occupée, où des voyages pénibles transportoient les Astronômes vers le pôle & à l'équateur, lorsque l'industrie employoit tous les moyens connus de précision, M. Bradley découvroit en Angleterre les petits mouvemens apparens des étoiles, & fournissoit de nouveaux moyens pour cette précision nécessaire. L'ignorance de ces mouvemens étoit une des sources d'erreur dans l'ancienne mesure de Picard. On se sert des étoiles pour déterminer l'étendue

de l'arc céleste ; il faut donc bien connoître le lieu de ces étoiles, ou du moins être sûr que ce lieu apparent ne change point dans l'intervalle d'une observation à l'autre. Jadis on pouvoit les employer avec sécurité, on les regardoit comme absolument fixes : depuis on s'est apperçu que plusieurs des plus belles étoiles ont un mouvement propre; l'aberration de la lumière, découverte en 1728 par M. Bradley, nous a fait connoître que le point du ciel où nous voyons les étoiles, n'est jamais celui où elles sont réellement : leur lieu apparent varie sans cesse dans le cours d'une année. M. Bradley, heureusement né pour les progrès de l'Astronomie, cherchant, comme nous l'avons dit (a), à découvrir la parallaxe annuelle des étoiles, les avoit observées avec une constance & un courage dignes des nobles récompenses qu'il a obtenues. La première fut la découverte de cette aberration produite par la propagation successive de la lumière, combinée avec le mouvement de la terre. Cependant cette connoissance ne suffisoit pas encore pour rendre raison des petits mouvemens apperçus dans les étoiles ; mais lorsque dans des variations compliquées on en a saisi une qui suit des loix connues, les phénomènes deviennent plus simples, on peut y voir plus clair. Ce fut le sort de M. Bradley ; cette première découverte lui en valut une seconde : il vit que les étoiles placées près du colure des solstices, avoient un petit mouvement pa~~rticulier. L'étoile γ~~ du dragon lui parut chaque année monter constamment vers le nord, depuis 1727 jusqu'en 1736 ; ce changement indiquoit que l'étoile s'étoit approchée du pôle, ou que le pôle avoit eu un mouvement pour s'approcher d'elle. Mais comme cette étoile n'étoit pas la seule qui manifestât le phénomène,

(a) *Suprà*, Tome II. p. 669.

il auroit fallu croire que beaucoup d'étoiles s'élevoient ainsi de concert vers le pôle par une marche égale & semblable ; il étoit plus naturel d'imaginer que le pôle lui-même s'étoit avancé. Ce pôle avoit déjà un mouvement causé par la précession des équinoxes : Newton avoit annoncé qu'il étoit susceptible d'une nutation, par laquelle il doit alternativement s'abaisser & s'élever sur le plan de l'écliptique dans l'intervalle d'une année ; mais ce changement est trop foible pour être sensible par les observations. M. Bradley reconnut dans le mouvement des étoiles vers le nord, l'effet d'une nutation semblable, mais plus longue à s'accomplir, puisque l'effet avoit augmenté pendant neuf années : à ce terme le mouvement parut s'arrêter, les étoiles cesserent de monter ; & comme la période des nœuds de la lune est de 18 ans 224 jours, c'est-à-dire, le double du tems que M. Bradley avoit employé à suivre ces apparences, il conjectura qu'elles étoient dûes à une véritable nutation de l'axe de la terre ; nutation produite par l'action de la lune, & dépendante de la révolution de ses nœuds. Alors M. Bradley communiqua sa découverte : il se crut fondé à prédire les phénomènes qui auroient lieu dans les neuf autres années ; il pria M. le Monnier de les observer comme lui, & il annonça que pendant ces neuf années, l'étoile γ du Dragon ainsi que les étoiles voisines descendroient constamment vers le midi & se rapprocheroient de l'écliptique. Ce qu'il a prédit est exactement arrivé ; M. le Monnier, averti par l'illustre auteur de la découverte, après avoir fait les observations nécessaires, se trouva en état de fixer, comme M. Bradley, en 1745, la quantité de la nutation à 18″ (a). L'axe de la terre s'éleve ou s'abaisse sur l'écliptique, l'équateur s'éloigne ou s'approche de

(a) Mém. de l'Acad. des scienc. 1745, p. 522.

ce cercle, & leur obliquité mutuelle varie de cette quantité dans une période de 18 ans ½. Si M. Bradley a soupçonné la cause, la démonstration en étoit réservée à M. d'Alembert. Mais l'effet de la nutation est important pour connoître, au moment que l'on veut, l'obliquité de l'écliptique, & la position des étoiles toujours déterminée relativement à l'équateur ou au pôle; cet élément entre dans toutes les recherches astronomiques. Les deux phénomènes apperçus par Bradley, sont aussi utiles à la science qu'ils sont honorables à son génie; & si jamais la perfection des instrumens donne lieu à de nouvelles recherches sur la parallaxe des fixes, comme cette parallaxe infiniment petite ne peut se manifester que par de très-petits mouvemens, il est essentiel que les étoiles soient dépouillées des variations produites par d'autres causes. M. Bradley aura donc préparé la voie: ce qu'il a atteint l'a amplement dédommagé de ce qui lui a échappé; & ce qu'il a découvert lui assure une part dans la gloire de ce qui pourra se découvrir.

Il faut avouer cependant que nous avons peu d'espérance de parvenir à mesurer la distance des étoiles. M. Bradley pense que si la parallaxe annuelle étoit seulement d'une seconde, elle auroit été apperçue par ses observations long-tems continuées, & faites avec un secteur de ving-quatre pieds de rayon. Nous ne pouvons nous flatter que les instrumens, même perfectionnés, nous permettent d'aller plus loin, & de porter la précision des mesures au-delà d'une seconde. M. Bradley pourroit bien avoir posé les limites de nos connoissances à cet égard. Cependant ce résultat ne peut avoir de force que relativement aux étoiles qui ont été examinées; on a choisi celles du Dragon & de la grande Ourse, qui passent près du zénith, parce qu'elles ne sont pas affectées de la réfraction. Qui peut dire que dans les autres régions célestes, il n'y a pas des étoiles

qui auroient quelque parallaxe ? Celles qui s'élevent moins vers le haut du ciel, sont affectées de la réfraction ; ici nos mesures & nos calculs n'ont pas une précision égale. L'instrument répondroit d'une seconde, mais le calcul des réfractions n'en répond pas ; la légère incertitude qu'il comporte peut cacher une petite parallaxe. D'ailleurs si les belles étoiles, comme Sirius, Aldebaran, ont été suivies par un grand nombre d'observations, les petites n'ont pas été examinées avec le même soin ; peut-être qu'elles montreroient la parallaxe que les grandes nous refusent. Les étoiles sont sans doute à des distances inégales : nous ne disons plus, comme jadis les Grecs, qu'elles sont attachées à une voûte sphérique ; notre imagination plus éclairée se représente un espace presque sans bornes, où les étoiles sont semées à des distances considérables ; elles different en grandeur apparente, on les partage en classes, relativement à leur éclat. Cette inégalité vient-elle ou de la différence de la distance, ou de la différence de grandeur réelle ? Toutes les deux y contribuent sans doute ; voyons ce que donnent les déterminations actuelles. Une parallaxe d'une seconde suppose que les étoiles sont 206000 fois plus loin de nous que le soleil qui lui-même est éloigné de 35 millions de lieues : si aucune des étoiles n'a une parallaxe plus sensible, voilà la plus courte de leurs distances ; & dans le nombre de ces soleils, il y en a dont la distance peut être infiniment plus grande. D'un autre côté la lune éclipse en un instant les étoiles qu'elle rencontre, elle n'y emploie pas une seconde ; ce qui prouve que le diamètre de ces étoiles n'occupe pas un espace d'une demi-seconde dans le ciel. Ce diamètre qu'on ne peut mesurer, peut sans doute être beaucoup plus petit ; mais le soleil, avec son volume immense, reculé à cette distance 206000 fois plus grande que la sienne, auroit une étendue 206000 fois moindre

que celle qu'il nous présente, & son diamètre n'auroit que la cent septieme partie d'une seconde. Nous avons observé (*a*) combien il est difficile de concevoir qu'un point rayonnant, presqu'insensible, puisse, à travers tant d'espace, envoyer jusqu'à nous, & si loin, une lumière éclatante, telle que nous la recevons de Sirius : nous en avons conclu que parmi ces étoiles il y en avoit de beaucoup plus grandes que le soleil; cependant nous ne pouvons présumer que toutes les étoiles soient dans ce cas. Les probabilités ne permettent pas de supposer que le soleil soit ni le premier ni le dernier de l'espece des soleils, & que le hasard nous ait départi le plus foible de ces grands corps destinés à éclairer & à échauffer l'univers. Si dans le nombre des étoiles que nous voyons, il y en a de plus petites que notre soleil, nous pouvons croire qu'elles sont plus proches : ce sont donc celles-là qu'il faudroit observer (*b*); peut-être nous offriroient-elles une parallaxe de quelques secondes. Mais comment entreprendre de répéter cet examen par des observations suffisantes sur la multitude des étoiles? Le courage & la constance humaine n'y suffiroient pas : attendons que le tems nous éclaire; il nous fournira peut-être quelques regles pour choisir les étoiles qu'il convient d'examiner. Aujourd'hui bornons-nous à savoir que le diametre des étoiles

(*a*) *Suprà*, Tome II, p. 686.

(*b*) Galilée voyant que nos instrumens les plus grands seroient insuffisans pour la parallaxe des étoiles, proposoit de se servir de l'élévation d'un édifice, ou de celle d'une montagne, pour observer la hauteur des étoiles en différens tems de l'année, en se plaçant à une grande distance. Mais, comme le remarque M. Wallis, il y a lieu de croire que l'épaisseur de l'atmosphère & les réfractions terrestres nuiroient à cette observation. Ce savant géomètre a proposé des vues pour suivre cette recherche (*Transf.* 1693, n°. 202) : il nous est venu une autre idée à cet égard; ce seroit de placer dans le fond des caves de l'Observatoire un excellente lunette, & d'observer avec un micromètre les variations de la distance d'une étoile au zénith. Cet instrument qu'on pourroit faire, pour ainsi-dire, aussi long qu'on voudroit, nous feroit connoître si les petites étoiles qui passent à notre zénith, ont une parallaxe sensible.

eſt moindre qu'une demi-ſeconde, & que la parallaxe de celles qui ont été obſervées ne ſurpaſſe pas une ſeconde.

Si la diſtance des étoiles reconnue plus grande que deux cent mille fois la diſtance du ſoleil, eſt la limite de nos connoiſſances ; s'il ne nous eſt pas permis d'en déterminer plus exactement la quantité, pourquoi ſerions-nous mécontens des bornes poſées à nos recherches ? Nous avons beau changer d'objets, nous retrouvons ces bornes partout où nous portons nos moyens; toutes nos déterminations ne ſont que des limites. Lorſque Bradley a obſervé la nutation, il n'a pu dire autre choſe, ſinon que ce mouvement n'étoit pas plus grand, ou n'étoit pas plus petit que 18″; il en faut dire autant de la longueur de l'année, des révolutions des planetes, de leurs diſtances, de leurs diamètres, &c. Il eſt vrai que ces limites peuvent être plus ou moins reſſerrées; mais l'homme n'eſt pas toujours de meſure avec les diverſes eſpeces d'étendues; tout ce qui eſt très-grand ou très-petit lui échappe; qu'importe à la philoſophie d'être un peu plus près, ou un peu plus loin de cette vérité abſolue que nulle part elle ne peut atteindre.

Continuons à parcourir les phénomènes nouvellement découverts; la plupart ſeront des preuves de la gravitation des corps & des conſéquences du principe de Newton. Jupiter aſſez puiſſant pour enchaîner quatre planetes à ſa ſuite, Saturne qui en compte une de plus dans ſon cortège, ne peuvent avoir cet empire ſur de petites planetes, ſans avoir quelque pouvoir pour ſe nuire, & pour ſe déranger mutuellement : tous les vingt ans ils ſe rencontrent à une certaine proximité; & c'eſt là que leur action réciproque doit ſe développer avec toute ſon énergie. Kepler, Horroxe, Hevelius, Flamſteed, Maraldi avoient déjà remarqué des inégalités dans le mouvement de

Saturne (*a*). Le ſyſtême du monde offroit dans le ſiecle dernier, & au commencement de celui-ci, tant de phénomènes à chercher, à découvrir, à vérifier, que ces remarques avoient été négligées. En 1746, M. le Monnier & M. Caſſini s'en occuperent, & l'inégalité fut conſtatée. M. le Monnier y mit le ſoin & les lumières que méritoit cette recherche; il diſcuta lui-même toutes les obſervations; il n'employa que celles où Saturne placé au même point de ſon orbite, par conſéquent à la même diſtance du Soleil, devoit éprouver, de la part de cet aſtre, la même action; Jupiter ſeul étoit différemment placé & inégalement diſtant. Si les obſervations différoient entr'elles, la différence ne pouvoit naître que de ſa proximité ou de ſon éloignement de Saturne; c'eſt ainſi que l'art des Aſtronômes iſole une action pour en déterminer l'effet. M. le Monnier trouva que la différence étoit très-ſenſible, & pouvoit monter à 15′ (*b*); cette inégalité vient de ce que le mouvement de Saturne eſt ralenti. Le moyen mouvement que nous ſuppoſons dans nos calculs, a été établi en partie ſur de très-anciennes obſervations faites dans un tems où Saturne ſe mouvoit plus vîte; ce moyen mouvement eſt donc trop prompt; Saturne qui a pris une marche moins preſſée, ne le ſuit plus & s'écarte de nos calculs. Dès 1718 M. Maraldi avoit remarqué que le moyen mouvement de Jupiter étoit plus rapide (*c*). Jacques Caſſini qui a conſtaté, comme M. le Monnier, le ralentiſſement de Saturne, a propoſé une conjecture vraiſemblable, il penſe que ce ralentiſſement dans une planete & cette accélération dans l'autre tiennent à une certaine poſition reſpective des orbites; & comme cette poſition change par la

(*a*) Tranſ. philoſ. 1683, n°. 146. Mém. de l'Acad. des Sci. 1749, p. 210.

(*b*) *Ibid.* p. 209.

(*c*) *Suprà* Tome II, p. 583.

progreſſion

progreſſion continuelle des abſides, il viendra un jour bien éloigné & ſéparé de nous par un nombre de milliers d'années, où les phénomènes des deux planetes changeront reſpectivement, en reſtant toujours contraires; Saturne ceſſera de ſe ralentir pour s'accélérer, & Jupiter prenant à ſon tour une allure plus grave, ceſſera de s'accélérer pour ſe ralentir (*a*). Ces effets de l'attraction bien conſtatés par l'Aſtronomie, étoient un ſujet propre aux recherches géométriques : l'Académie des Sciences de Paris dénonça ces phénomènes aux Géometres de l'Europe, & propoſa pour ſujet du prix de 1748, les dérangemens mutuels de ces deux planetes; nous en verrons le réſultat dans le diſcours ſuivant. Mais ces effets prévus ne ſont pas les ſeuls phénomènes de ce genre; Saturne en offre un autre très-ſingulier. M. de la Lande a reconnu un dérangement conſidérable dans le moyen mouvement de cette planete; ce mouvement paroît s'être accéléré bruſquement depuis 35 ans. Dans cette recherche, M. de la Lande a pris les mêmes précautions que M. le Monnier : il a choiſi des obſervations où Saturne étoit ſemblablement placé, expoſé de la même manière à l'attraction du Soleil & à celle de Jupiter; tout étoit donc égal. Cependant le mouvement moyen s'eſt trouvé différent dans des intervalles égaux; il a paru ſenſiblement accéléré vers le milieu de ce ſiecle. La planete n'avoit ni cette marche, ni cette inégalité dans le dernier ſiecle; inégalité conſidérable & plus grande que celle qui réſulte de l'effet de Jupiter. M. de la Lande, qui ſeul encore s'eſt apperçu de ce changement, s'eſt borné à l'honneur de découvrir & d'annoncer ce phénomène; c'eſt à l'avenir à nous éclairer ſur ſa cauſe : peut-être tient-il à une cauſe générale & conſ-

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1746, p. 465.

tante, dont la loi n'eſt pas connue; peut-être n'eſt-il que l'effet particulier d'une cauſe accidentelle, comme l'attraction d'une comete (*a*). Ce changement a été en effet trop bruſque pour n'être pas le produit d'une cauſe accidentelle & paſſagère : nous voyons que cette altération a dû avoir lieu vers 1745 (*b*); il parut alors une très-belle comete. Ce ſeroit un ſujet intéreſſant de recherche, que de voir ſi la comete s'eſt trouvée aſſez près de Saturne pour le déranger; & dans le cas où la choſe ſeroit poſſible, où la comete auroit été capable de produire un dérangement ſemblable à celui qui a été obſervé, il ſeroit curieux de calculer quelle a été la maſſe ſuffiſante pour le produire. On en tireroit deux réſultats importans, une cauſe pour le dérangement de Saturne, une connoiſſance, au moins probable, de la maſſe des cometes (*c*).

Nous paſſons des mouvemens des planetes à ceux des ſatellites de Jupiter. Leur théorie n'avoit été qu'ébauchée par Dominique Caſſini; il avoit fait plus que Galilée & tous ſes contemporains; ſes ſucceſſeurs devoient aller plus loin dans la carrière qu'il avoit ouverte. Dominique Caſſini fixa les révolutions de ces ſatellites, la durée de leurs éclipſes, la grandeur de leurs cercles, la poſition de leurs nœuds; il crut que ces quatre cercles avoient la même inclinaiſon ſur l'orbite de Jupiter. Ces premières déterminations avoient beſoin d'être rectifiées : c'étoit beaucoup pour le tems de Dominique Caſſini;

(*a*) Mém. de l'Aca. des Sci. 1765, p. 361.

(*b*) On voit par la Table des oppoſitions de Saturne (*Mém. de l'Acad. des Sci.* 1765, p. 369.) que depuis 1733 l'erreur des Tables de Halley eſt négative : elle croît juſqu'en 1740, décroît enſuite juſqu'en 1745, qu'elle n'eſt plus que de 2′ ½. Elle devroit s'anéantir, puis devenir poſitive; c'eſt la marche naturelle, & celle qu'offrent toutes les autres obſervations : point du tout; cette erreur négative recommence tout à coup à croître en 1746.

(*c*) Nous devons dire cependant qu'on avoit ſoupçonné cette comete d'avoir pu déranger le mouvement de Mercure; mais le docteur Bevis adreſſa à la Société royale de Londres des obſervations de cette planete, qui prouvoient que ſon mouvement n'avoit point été altéré. (*Tranſac. philoſ.* 1744, n°. 473.

c'étoit peu pour un siecle éclairé par Newton. Il faut considérer que le systême ou l'assemblage de Jupiter & de ses quatre satellites est en petit, mais en tout semblable au systême du Soleil environné de six planetes. L'attraction y exerce sans doute le même empire ; on peut s'attendre à y retrouver les mêmes phénomènes. Les orbes des satellites doivent être des ellipses : leurs apsides, leurs nœuds doivent avoir un mouvement, direct pour les apsides, rétrograde pour les nœuds ; leurs plans différemment inclinés doivent éprouver quelques variations, comme celui de la Lune ; ces petits astres sont trop près les uns des autres, pour ne pas déranger mutuellement leurs mouvemens : voilà quelle étoit la tâche des Astronômes. M. Maraldi, neveu de celui dont nous avons parlé dans le volume précédent, fit le premier pas pour ramener ces astres aux loix générales de notre systême ; il découvrit que le quatrieme avoit une excentricité assez apparente (*a*). On en soupçonne également une dans l'orbe du troisieme (*b*). Si celles des deux autres ne sont pas sensibles, c'est que circulant plus près de Jupiter, les inégalités s'évanouissent dans des orbes trop petits. Les Astronômes de ce siecle ont donc confirmé la loi de Kepler, que tous les astres se meuvent dans des ellipses.

En même tems MM. Maraldi & Wargentin ont observé que les apsides des ellipses de ces satellites avoient un mouvement direct, comme celles de la lune; ils justifioient en cela la théorie de Newton, ils montroient l'accomplissement de sa loi. Quant aux inclinaisons, il fut reconnu d'abord qu'elles n'étoient point toutes quatre égales, comme Dominique

(*a*) On voit par les Tables de Halley, publiées en 1749, que M. Bradley avoit reconnu dès 1717 l'ellipticité de l'orbe du 4e satellite, découverte par M. Maraldi en 1732.

(*b*) MM. Maraldi, Dunthorne, Wargentin & Bailly ont, dans leurs Tables, donné une petite équation du centre au troisieme satellite.

Caſſini l'avoit ſoupçonné par une première vue. M. Maraldi l'oncle fit plus, il apperçut une variation dans l'inclinaiſon du ſecond ſatellite; le neveu confirma cette découverte en 1732. Il reconnut une variation ſemblable dans l'inclinaiſon du troiſieme. Les phénomènes du même genre ſe confirment mutuellement: il fut donc bien conſtaté que les plans de ces orbites ſont variables, mais d'une toute autre manière que le plan de l'orbite de la Lune ; celui-ci s'abaiſſe ſur l'écliptique, & ſe releve à chaque révolution. Les inclinaiſons du 2^e^ & du 3^e^ ſatellite varient ſans aucun égard à la révolution de ces aſtres : l'inclinaiſon du 2^e^ augmente pendant 15 ans, & diminue pendant 15 autres années ; il faut une période de 30 ans pour que les choſes ſe rétabliſſent, & que les variations recommencent dans le même ordre. L'inclinaiſon du 3^e^ avoit diminué conſtamment depuis 1668 juſques vers 1697; alors elle a commencé à augmenter juſqu'en 1763 qu'elle s'eſt arrêtée. M. Maraldi s'en eſt apperçu le premier; il a déterminé la demi-période de ces variations de 66 ans, & par conſéquent la période entière de 132 ans (*a*). Les inclinaiſons du 1^er^ & du 4^e^ ſont les ſeules qui n'ayent point encore offert de variations ſenſibles.

Ces phénomènes du ſecond & du troiſieme paroiſſoient extraordinaires; car quelle pouvoit être la cauſe de ces variations? Les poſitions relatives des ſatellites reviennent les mêmes au bout de quatorze mois ; leurs aſpects à l'égard du Soleil ne peuvent que ſuivre le cours de Jupiter, & ſe renouveler par conſéquent au bout de douze ans. Quelle étoit donc la cauſe qui avoit beſoin d'un ſi long tems pour ſe développer, & qui étendoit ſon influence à 30 & à 132 années ? Une autre ſingularité non moins remarquable, c'eſt que, tandis que les inclinaiſons

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1769, p. 25.

varient ſenſiblement, & beaucoup plus que l'inclinaiſon de la Lune, les nœuds, comme ſi tout devoit être contraire dans ce ſyſtême, ont été crus long-tems fixes. Les obſervations montrerent bientôt dans les nœuds du quatrieme un petit mouvement; mais par une nouvelle ſingularité, ce mouvement paroiſſoit contraire aux loix de l'attraction, parce qu'il étoit direct, au lieu d'être rétrograde comme celui des nœuds de la Lune. On pouvoit même remarquer une affectation particulière dans la poſition de ces différens nœuds; les interſections des plans de ces orbites avec le cercle de Jupiter, étoient ſi près les unes des autres, qu'elles paroiſſoient répondre au même point du ciel. Enfin, pour combler toutes ces bizarreries, M. Maraldi & M. Bailly reconnurent en 1765 (*a*) que le nœud du ſecond ſatellite avoit un mouvement libratoire ou d'oſcillation, qui s'accompliſſoit dans la même période que la variation de ſon inclinaiſon, & par lequel il parcouroit 19 à 20 degrés autour d'un point moyen.

Les cauſes de ces phénomènes bizarres & multipliés ſeront développées dans le diſcours ſuivant : mais ce n'eſt pas encore tout; une obſervation attentive & ſuivie, ne trouva plus la même régularité dans les mouvemens des ſatellites. M. Bradley avoit indiqué qu'une période de 14 mois ou de 437 jours devoit rétablir les inégalités des ſatellites, produites par leurs attractions mutuelles, puiſqu'elles ramenoient ces ſatellites, du moins les trois inférieurs, aux mêmes configurations. En 1726 il remarqua que dans la moitié de cette période, c'eſt-à-dire, en ſept mois, le ſecond ſatellite étoit accéléré ou retardé de 30 à 40′ (*b*). M. Wargentin introduiſit cette inégalité dans ſes Tables publiées en 1746, & il la fixa à 16′½ en plus & en

(*a*) Mém. Ac. des Sc. 1765, p. 491, 499.

(*b*) Tranſ. philoſ. 1726, n°. 394.

moins; il en reconnut une semblable dans le 1^er satellite, d'environ $3'\frac{1}{2}$ (*a*). Aussi ces Tables furent-elles les meilleures qui eussent encore paru; celles du 1^er satellite sur-tout sont d'une très-grande exactitude. M. Wargentin a perfectionné de nouveau ces Tables: les mouvemens du 2^e satellite commencent à être assez bien représentés; mais il s'en faut beaucoup que ceux des deux autres le soient également. Il faut de nouveaux travaux & des années, avant que les observations du 3^e & du 4^e puissent concourir avec celles du 1^er & du 2^e, à la recherche des longitudes. Ces inégalités, dont l'observation a démêlé la marche & la quantité, sans en connoître la cause, sont évidemment l'effet des attractions réciproques des satellites. On voit aisément que des corps si voisins doivent agir les uns sur les autres; mais nous disons que la cause en étoit inconnue, parce que dans l'explication des phénomènes il ne s'agit pas seulement de les attribuer à l'influence d'une certaine cause, il faut encore montrer qu'elle agit seule, & que, relativement à son intensité, elle est capable de produire ces phénomènes.

Voilà ce qui concerne les altérations du mouvement des satellites de Jupiter; mais leurs observations sont affectées d'autres inégalités que l'on peut regarder comme optiques. Quand un satellite entre dans l'ombre de Jupiter, il ne s'éclipse pas instantanément; sa lumière diminue par degrés, & nous ne le perdons de vue que lorsque la partie encore éclairée, n'est plus assez grande, ne renvoye plus assez de lumière pour faire impression sur notre œil. Cette remarque appartient à Dominique Cassini (*b*); mais il croyoit qu'elle n'avoit d'effet

(*a*) M. Bradley, dès 1719, avoit soupçonné cette inégalité, & il la faisoit d'environ 3'; mais ce qu'il en a pensé n'a été publié qu'en 1749, avec les Tables de Halley.

(*b*) Mém. Ac. des Sc. Tome VIII. p. 373.

que par la différence des lunettes. M. de Fouchy fit voir en 1732 (a) que cette inégalité est générale, & varie comme la lumière même des satellites. Cette lumière est plus forte lorsque Jupiter est plus près du Soleil qui en est la source, lorsqu'il est aussi plus près de nous, & que la lumière a moins de chemin à faire pour nous être renvoyée. Alors une moindre partie éclairée suffit à notre vue : le satellite entrant dans l'ombre, disparoît plus tard, & lorsqu'il en sort, il est revu plutôt ; on sent qu'il en doit naître une inégalité sur le tems des éclipses; M. de Fouchy s'est contenté de l'indiquer. S'il nous est permis d'occuper un coin du grand tableau tracé dans cette histoire, nous dirons que nous avons cherché à déterminer la quantité & la loi de cette inégalité (b). La lumière des satellites n'est pas seulement altérée par les deux causes dont nous venons de parler. Elle est d'autant plus foible, que Jupiter est plus bas ; elle s'épure & devient plus vive, à mesure que l'astre s'éleve, en s'éloignant des vapeurs de la terre. Cette lumière s'affoiblit encore à mesure que le satellite s'approche du disque de Jupiter ; l'infériorité se fait sentir par la proximité, & la petite masse de lumière pâlit devant la grande. Nous avons mesuré la lumière des Satellites dans ces différentes circonstances, en diminuant l'ouverture de la même lunette (c) ; par ce rétrécissement, nous affoiblissions la lumière, nous l'amenions au point de s'éteindre & de nous dérober le satellite. Ce qui restoit de l'ouverture diminuée nous indiquoit la portion de lumière insensible à notre vue ; & comme notre vue &

(a) Mém. de l'Ac. des Sc. 1732, p. 419.

(b) *Ibid.* 1771, p. 580.

(c) Ce moyen ingénieux nous avoit été fourni par M. de Fouchy, fondé sur ce que la lumière reçue par l'objectif, est toujours proportionnelle à son ouverture ; il se proposoit d'augmenter cette ouverture dans le cas où la lumière des satellites diminue, afin d'avoir toujours la même quantité de lumière, & de faire disparoître l'inégalité. C'est ce moyen que nous avons employé différemment.

notre lunette étoient toujours les mêmes, les variations de cette portion insensible dans les circonstances différentes, nous montroient les variations de la lumière totale. En diminuant ainsi l'ouverture d'une lunette, on fait disparoître à volonté le satellite : on peut donc se procurer des éclipses fictives ; nous en avons tiré un moyen de mesurer les diametres de ces petites planetes que nous n'appercevons que comme des points brillans, & dont notre vue, aidée des meilleurs instrumens, ne peut discerner les disques. Quelques momens avant une éclipse réelle, si l'on diminue l'ouverture de la lunette, au point de voir à peine le satellite, on aura une première éclipse fictive, presqu'au moment où le petit astre touche l'ombre : en rétablissant tout-à-coup l'ouverture ; en observant ensuite l'éclipse réelle, on aura par la différence des tems, la mesure d'une grande partie du diametre, & on trouve facilement par le calcul, le rapport de cette partie avec le diametre entier. Cette méthode de mesurer la lumière par le rétrécissement des ouvertures, si elle étoit adoptée, deviendroit une épreuve de l'état de l'atmosphère, de celui de l'organe, de la force de la lunette, & un moyen de comparaison pour des observations faites dans des climats différens, & par des observateurs dont les vues sont inégales. Cette méthode auroit encore une utilité pour mesurer la lumière des étoiles, & pour distinguer avec plus de certitude leurs différentes classes. Mais c'est assez parler de nous-mêmes, nous revenons à des objets plus intéressans; & à la théorie des cometes proposée, établie par Newton & développée, quant aux applications astronomiques, par Halley, Bradley, M. le Monnier, M. Maraldi, M. de la Caille, &c.

Les Astronômes François ne commencerent que vers 1740 à déterminer l'orbite parabolique des cometes dans les principes

de l'attraction. M. le Monnier calcula l'orbe de la comete de 1742 (*a*); & M. Maraldi, un an après, celui de la comete de 1729 (*b*). La comete de 1744 (*c*) acheva de dissiper les préjugés; il ne fut plus possible de soutenir qu'elle avoit décrit ni une ligne droite, ni un grand cercle autour de la terre. Jacques Cassini en fit l'aveu (*d*); c'est la preuve d'un bon esprit. Ces hypothèses étoient l'ouvrage de son pere & le sien; il étoit déjà âgé, les idées reçues dans sa jeunesse avoient eu le tems de jeter de profondes racines: il falloit abandonner beaucoup de travaux faits d'après ces idées; mais la vérité détruisit les anciens principes reconnus pour des préjugés, & fit abandonner les travaux qui n'avoient pas été pour elle. Jacques Cassini calcula cette comete dans une parabole, comme Newton, & cet hommage étoit éclatant; il fut rendu par le nom le plus illustre dans l'Astronomie. Halley avoit déterminé les orbites de vingt-quatre cometes observées avant lui, ou par lui; il en avoit paru plusieurs depuis. Ces astres nouveaux qui viennent nous visiter, & se faire connoître ainsi les uns après les autres, demandent non seulement d'être observés, mais que le calcul saisisse les caractères qui les distinguent (*e*), pour pouvoir les reconnoître un jour, lorsqu'ils reparoîtront. L'Astronomie qui a ses fastes, comme l'Histoire du monde, doit donc consigner dans ses registres, & leurs apparitions, & leurs caractères (*f*). M. de la Caille entreprit

(*a*) Histoire de l'Acad. des Scien. 1742, p. 83.

(*b*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1743, p. 193.

(*c*) Cette comete fournit un exemple que l'égalité de l'intervalle des apparitions ne suffit pas pour établir l'identité des cometes. Celle-ci avoit paru 79 ans après celle de 1664. On trouvoit, en remontant de 79 ans en 79 ans, onze apparitions successives de cometes; cependant la comete de 1664 avoit des élémens & des caractères très-différens de ceux de la comete de 1744.

(*d*) Mém. de l'Acad des Scien. 1744, p. 305.

(*e*) *Suprà*, Tome II. p. 543.

(*f*) Nous en comptons aujourd'hui plus de 72.

de completter le travail de Halley (*a*) : il calcula un assez grand nombre de cometes ; mais il abandonna ce soin & ce travail à M. Pingré (*b*), qui se proposoit de faire une Histoire & un Traité général des cometes (*c*).

Il en parut une en 1747, & deux en 1748 : on approchoit du tems où l'ingénieux Halley avoit annoncé que devoit reparoître la comete de 1682, après une période de 76 ans ; si cette période étoit réellement celle de la comete, il n'y avoit point de doute qu'on ne dût revoir cet astre vers 1758. Au mois de Septembre 1757, il parut en effet une comete qui réveilla l'attention des Astronômes ; mais lorsque M. Pingré eut calculé son orbite, on reconnut que cette apparition n'étoit point l'apparition desirée. La comete étoit absolument nouvelle, & ne ressembloit par aucun caractère à l'astre de 1682. Le retour de cet astre devenoit un événement important pour la connoissance du systême du monde, pour la démonstration des principes de Newton, enfin pour établir une grande vérité, celle de l'identité des cometes & des planetes, qui les unes comme les autres, décrivent des courbes fermées, des ellipses, & sont assujetties à des retours réglés & périodiques ; avec cette seule différence que les unes s'éloignant infiniment plus que les autres, reviennent & se rapprochent plus tard & moins souvent. Mais comme si le ciel eût voulu tromper les Astronômes & se jouer de leur impatience, l'année 1758 vit paroître deux cometes qui n'étoient point encore celle qu'on attendoit. Enfin cet astre si intéressant fut apperçu

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1746, p. 405.
M. Struik, Astronôme Hollandois, ajouta en 1749 aux 24 cometes calculées par Halley, 21 autres qui avoient paru depuis 1707 jusqu'en 1748. *Transf. philos.* 1749, n°. 492.

(*b*) Mém. de l'Ac. des Sc. 1760, p. 55.

(*c*) Cet ouvrage intitulé Cométographie, est actuellement sous presse.

à Paris le 21 Janvier 1759 : M. Meſſier découvrit celle-ci le premier en France; M. Meſſier deſtiné à découvrir tant de cometes, & qui a mérité ces faveurs du ciel par un zele infatigable, aujourd'hui, en 1781, en a obſervé 19, dont il en a découvert 16. Ces cometes, ſans ſa vigilance active, ſe ſeroient peut-être inutilement approchées de nous; ce ſont ſeize corps dont il a enrichi le ſyſtême ſolaire (*a*). Il s'eſſayoit alors dans l'art de chercher ces aſtres nouveaux & inattendus. Cette comete fut obſervée par tous les Aſtronômes de l'Europe; ſes élémens calculés ſe trouverent entiérement ſemblables à ceux qu'elle avoit eus dans les précédentes apparitions. Il fut donc bien démontré que les mêmes cometes ſe remontrent après des intervalles à peu près égaux, & que leur mouvement périodique autour du Soleil eſt auſſi conſtant & auſſi régulier que celui des planetes. Ainſi après trois ou quatre mille ans, nous ſommes revenus, ſur ce point, au même degré de connoiſſances où étoient parvenus jadis les Chaldéens, connoiſſances qui ont eu alors Epigenes pour témoin (*b*). Ce n'eſt cependant qu'avec grand-peine, à travers pluſieurs préjugés introduits, & par les obſervations & les réflexions d'un ſiecle entier, que cette vérité de la nature a été conſtatée. Mais ſi l'on conſidere nos efforts pour l'admettre, ou pour lui réſiſter, nos travaux pour éclaircir cette grande queſtion, nos

---

(*a*) M. Mechain, avantageuſement connu dans l'Aſtronomie, a découvert cette année 1781, deux cometes; il en a calculé les élémens. Ceux de la ſeconde reſſemblent un peu à ceux de la comete de 1337, en prenant un milieu entre la théorie de Halley & celle de M. Pingré. Sa période pourroit donc être de 444 ans, à moins qu'elle n'eût reparu, ſans être remarquée, & que ce nombre de 444 années ne fût la ſomme de pluſieurs révolutions. Mais les obſervations de 1337, ſur-tout celles de Gregoras, ſont trop incertaines, pour que l'on puiſſe tirer légitimement aucune concluſion ſur l'identité de ces deux cometes, & ſur la durée de leurs révolutions.

(*b*) Aſtr. anc. p. 391. Il diſoit que les Chaldéens rangeoient les cometes au nombre des planetes, & étoient parvenus à connoître leur cours.

doutes qui n'ont cédé qu'à la démonstration, à l'évidence des principes & des faits, on pourra juger de ce qu'il en a dû coûter d'efforts & de travaux aux Chaldéens ou au peuple leur prédécesseur, pour nous laisser cette vérité si long-tems stérile. Ainsi souvent les travaux des générations sont perdus, comme leur expérience: au moral les fautes d'un homme, ses malheurs ne sont pas toujours une leçon pour ses semblables; & relativement aux sciences, les efforts qu'une nation a faits pour s'instruire & pour se convaincre, lorsqu'ils n'ont point laissé de traces, lorsque les résultats restent seuls & isolés, sont également perdus pour l'instruction & la foi des siecles. Mais cette vérité du retour des cometes, que nous allons transmettre à nos neveux, est un grand résultat; c'est le fruit de notre expérience & de deux siecles de travaux. La même vérité conservée chez les Chaldéens, sous la forme d'opinion, étoit peut être également le fruit des travaux & de l'expérience; alors elle étoit fille des tems qui avoient précédé, du beau jour qui n'éclairoit plus, comme aujourd'hui elle est née des tems que nous quittons, & de la lumière qui luit encore.

Dès que les cometes parcourent des courbes qui reviennent sur elles-mêmes, dans des tems limités, ces courbes, ces ellipses, quoique très-alongées, sont décrites comme les orbes presque circulaires de nos planetes: tout ce qui est de la nature céleste accomplit les loix découvertes par Kepler; ces loix, mieux exécutées que celles des hommes, ne souffrent point d'exception, l'éloignement n'en affranchit pas, & malgré la distance, les cometes y sont soumises aux extrémités de notre monde solaire. On retrouve dans ces astres nouveaux la même proportionnalité des aires & des tems, le même rapport entre les révolutions périodiques, & les diametres des orbes. Au moyen de ce rapport, il est facile de déterminer à quelle

profondeur la comete qui nous occupe maintenant, celle de 1759, peut s'enfoncer dans le ciel & s'éloigner de nous, à l'extrémité de son ellipse alongée; le diametre de cette ellipse est dix-huit fois plus grand que le diametre de l'orbe de la terre. La comete s'est approchée du Soleil plus près que nous ne faisons jamais, & presque de moitié, c'est-à-dire, à la distance d'environ vingt millions de lieues; mais dans cette ellipse applatie, un éloignement considérable succede à cette proximité. La comete, lorsqu'elle est au terme le plus reculé de sa course autour du Soleil, en est distante, & par conséquent de nous, de 1300 millions de lieues; son éloignement est donc 65 fois plus grand que sa proximité. La comete la plus extraordinaire dans ce genre, est celle qui parut en 1680, dont Halley a estimé la période de 575 ans, & présumé le retour vers l'an 2255; il s'écoulera nombre de générations, & le monde aura subi bien des changemens avant ce retour. Cette comete, qui embrasse tant d'années dans sa période, doit parcourir un vaste circuit; aussi son ellipse, plus alongée peut-être qu'aucune autre, a-t-elle un diametre 69 fois plus grand que celui de notre orbe. La comete descendue d'une distance de plus de 5700 millions de lieues, s'est approchée du Soleil à moins de deux cent mille lieues. Telles sont les alternatives où ces astres sont exposés par leurs longues excursions; après la chaleur éprouvée à cette courte distance, ils s'en vont dans des profondeurs, où les rayons du Soleil n'arrivent point, ou arrivent presque éteints. Sans doute l'énorme chaleur qu'ils ont éprouvée, cette chaleur assez forte pour élever de leurs globes des colonnes de vapeurs, se conserve & tempere le froid des régions où leur course les ramene; cependant ces alternatives sont assez grandes pour faire douter que les cometes puissent être habitées. Les générations n'y sont-

elles pas détruites ou par le froid, ou par la chaleur? La vie a besoin d'une température moyenne, & toujours à peu près la même; il semble qu'elle doive être absente des globes où se succedent tour à tour les deux extrémités de la nature. Mais cette nature a des compensations souvent inconnues; elle oppose l'une à l'autre les causes destructives, tout dans l'univers n'est qu'équilibre; & c'est sur cet équilibre que sont fondées la vie & la durée de toutes les choses.

Outre la comete de 1759, dont le retour est assuré, & celle de 1680, dont la révolution est présumée sur de fortes probabilités, il est encore deux autres cometes qui ont paru en 1264 & en 1532; & qui ont décrit une seconde fois les mêmes orbites, l'une en 1556, après un intervalle de 292 ans, l'autre en 1661, après un intervalle de 129 ans. La première doit reparoître en 1848; la génération actuelle ne la verra pas. La seconde, dont la révolution s'achevera en 1790, est attendue par les Astronômes; nous avons l'espérance de voir son apparition, & nous touchons presqu'au moment de cette seconde preuve de la régularité du cours des cometes.

Voilà donc quatre cometes dont la révolution peut être regardée comme connue: il en est une cinquieme dont nous n'avons point vu le retour, mais dont on a essayé de calculer la révolution; c'est celle de 1769. Newton qui enseigna que tous les astres assujettis au Soleil, & tournans autour de lui, se meuvent dans des ellipses, n'a prescrit de calculer les cometes dans un orbe parabolique, que par approximation; c'est parce qu'une ellipse fort alongée se confond vers chacune de ses extrémités avec une parabole. Cette route qui n'est pas exactement la vraie, suffit pour établir les caractères de l'orbite & du mouvement de la comete, comme pour représenter

les observations ; mais si cette orbite étoit peu alongée, si l'ellipticité étoit plus marquée dans la route, cette route s'écarteroit de la parabole, & les lieux de l'astre calculé dans une supposition fausse, s'écarteroient d'autant plus de ceux qui ont été observés dans la vraie route. Si les observations mêmes étoient faites avec une grande exactitude, elles pourroient montrer combien la parabole supposée s'éloigne de la vraie ellipse, & déterminer la nature de cette dernière courbe. M. de la Lande avoit déjà essayé cette recherche sur la comete de 1759, dont la révolution est bien constatée; il a vu qu'en employant trois observations, cherchant l'ellipse qui doit passer par ces trois points du ciel & satisfaire à tous les phénomènes, on auroit pu estimer le tems de la révolution à trois ans près (*a*). Ce seroit beaucoup si l'on pouvoit connoître ainsi les révolutions de toutes les cometes observées ; mais la chose est souvent difficile. M. Euler, conjointement avec M. Lexel, en a fait l'essai sur la comete de 1769 : ils ont employé des méthodes géométriques qui leur appartiennent ; & ils ont trouvé le diametre de l'ellipse de cette comete soixante-une fois plus grand que celui de l'orbite de la terre, & le tems de la révolution employé à parcourir cet orbe de 482 ans (*b*). L'erreur des observations peut limiter beaucoup l'exactitude de ces déterminations : les deux géometres ont apprécié que s'il y a une minute d'erreur sur chacune des trois observations, le tems de la période sera renfermé entre 519 & 449 ans (*c*) ; ce qui est une grande incertitude. Cependant il seroit encore à desirer d'avoir de pareilles estimations sur toutes les cometes connues. Quoique ces estimations fussent peu utiles pour prévoir leurs

(*a*) Astronomie Tome II, p. 377.

(*b*) Recherches & calculs sur la vraie orbite de la comete de 1769. *Pétersb.* 1770, p. 136.

(*c*) *Ibid.* p. 149.

retours & pour les chercher dans le ciel, elles serviroient à classer les cometes, suivant la durée de leurs cours, & à en connoître à peu-près l'étendue & les limites.

Nous en avons actuellement cinquante-huit autres qui ont été suivies & observées, & dont les caractères établis serviront à les reconnoître un jour; mais on ne doit pas douter qu'il n'y en ait beaucoup davantage. Jadis on n'observoit que celles qui se faisoient distinguer par leur éclat, & par l'étendue de leurs queues, celles qui inspiroient de l'effroi : mais ces apparitions remarquables sont rares; il y en a plus d'obscures que d'éclatantes. Elles se sont multipliées par l'invention des lunettes : aujourd'hui on lit mieux dans le ciel; cet instrument y saisit les objets qui échapperoient facilement à la vue. Depuis qu'on cherche les cometes, depuis que M. Messier y a consacré ses veilles, il en est peu qui passent sans être apperçues; & grace aux soins de cet Astronôme, il n'est point d'année qui ne puisse être désignée par une comete. Notre systême solaire long-tems borné en apparence à ses sept planetes, puis aux neuf satellites récemment découverts, est donc encore plus riche de ce qu'on ne voit pas que de ce qu'il expose tous les jours à nos yeux; ces richesses n'étant déployées que successivement, il n'appartient qu'à une postérité reculée d'entreprendre de les compter. Le nombre des cometes, sans être infini, peut être très-grand; les révolutions connues sont entre 75 & 575 ans. Quand celles-ci seroient la plus courte & la plus longue de toutes, on en pourroit imaginer beaucoup d'autres intermédiaires : mais qui nous a dit que ce sont là les limites de leurs périodes? Nos connoissances ne sont point les bornes de la nature : au reste, en partant seulement de la comete de 1680, & de sa révolution de 575 ans, on voit combien l'Astronomie est une science vaste, appuyée sur le tems, &

qui

qui s'étend lentement & ſans meſure avec lui. Il faut donner à l'Europe, à ſa civiliſation, à ſon goût pour les ſciences, encore une durée de cinq ſiecles pour revoir cette comete, pour s'aſſurer que les raiſons de probabilité qui ont établi ſa période, ſont des raiſons légitimes : auſſi cette ſcience n'a point encore pris tout ſon accroiſſement, & ne le prendra peut-être jamais; bien différente de la Géométrie, qui, en deux ſiecles dans la Grece, & en moins de deux ſiecles en Europe, a preſque atteint la haute perfection dont elle eſt ſuſceptible. Mais c'eſt que l'une eſt une ſcience de l'homme, l'autre l'eſt de la nature; l'une eſt une méthode de l'eſprit, l'autre eſt un développement des choſes : l'une eſt en nous, c'eſt une idée abſtraite qui y eſt née, que nous conſidérons à loiſir & à tous momens; l'autre eſt hors de nous, elle embraſſe la nature & le tems; il faut parcourir la nature, il faut que le tems s'écoule, pour amener ſous nos yeux les détails & l'enſemble d'une idée auſſi étendue que les révolutions céleſtes. Les peuples ſe détruiſent, les hommes ſe laſſent; ils n'ont point la conſtance d'épuiſer ni les phénomènes, ni la durée; on a vu que l'Aſtronomie a été plus d'une fois abandonnée & repriſe; & lorſque ſes veſtiges ont été effacés, lorſque les mémoires ont été perdus, on a été obligé de recommencer la carrière parcourue. Il a fallu redemander à la nature un nouveau développement, & au tems de nouveaux ſiecles.

Nous ſommes en doute ſur les limites de la révolution des cometes : s'il eſt poſſible qu'il y en ait dont la période excede 575 ans, il ſembleroit que celle de 75 ou 76 ans devroit être la moins longue, puiſque ces aſtres étant aſſidûment obſervés depuis un ſiecle, des révolutions plus courtes auroient été déterminées. Mais outre que le jour & la préſence du ſoleil doivent nous dérober quelques apparitions de cometes, ſi les

circonſtances combinées de notre poſition & de leur mouvement ne leur permettent pas de paroître la nuit, un phénomène nouveau & très-extraordinaire doit nous rendre très-réſervés ſur les concluſions de cette eſpece. En 1770 il parut une comete, qui fut découverte à Paris le 14 Juin par M. Meſſier; on la vit avant & après ſon paſſage au périhélie. Dans le premier cas elle eût une grande vîteſſe & une apparence très-étendue; ce qui marque qu'elle paſſa fort près de la terre. Son noyau mal terminé n'avoit guères que $1' \frac{1}{2}$; mais elle étoit entourée d'une nébuloſité blanchâtre qui avoit plus de 2 degrés de diametre (a); elle paroiſſoit donc beaucoup plus grande que la lune. Pluſieurs Aſtronômes, & entr'autres M. Proſperin, Aſtronôme Suédois, s'occuperent de calculer ſes élémens: les réſultats des calculateurs furent différens; M. Proſperin lui-même trouva que les mêmes élémens ne pouvoient pas repréſenter les obſervations tant avant qu'après le périhélie, & dans les différentes parties obſervées de la trajectoire. Il propoſa trois ſuites d'élémens qui différoient ſenſiblement entre eux; ces trois ſuites appartenoient à trois paraboles. La comete auroit donc changé de route : cela ne peut arriver que par l'effet de quelque perturbation éprouvée; c'eſt ce que M. Proſperin imaginoit, & il attribuoit ces dérangemens à la terre (b). Mais M. du Sejour a fait voir (c) que cette comete, dans ſa plus grande proximité, n'en avoit approché qu'à la diſtance de 750000 lieues; ſa peſanteur vers la terre ne la faiſoit tomber que de ſept milliemes de ligne par ſeconde, tandis qu'elle marchoit avec une vîteſſe de plus de 39000 pieds auſſi par ſeconde : paſſant ſi vîte, il eſt bien difficile qu'une action

(a) Mémoires de l'Aca. des Scien. 1776, p. 604.

(b) *Ibid.* p. 631.

(c) Eſſai ſur les cometes, p. 126.

si foible ait pu la déranger considérablement. Il ne reste qu'une supposition à faire, c'est que son orbe réellement elliptique est trop peu alongé, trop peu excentrique, pour pouvoir se confondre vers le périhélie avec une parabole. La différence des résultats vient donc du défaut de légitimité dans les suppositions. Mais cette différence, au lieu d'être un inconvénient, offroit un avantage; elle annonçoit que la vraie espece de l'orbite étoit caractérisée dans la courbure de la route; par conséquent en saisissant ce caractère exprimé dans les observations, on pouvoit connoître l'espece d'ellipse à laquelle elles appartenoient. C'est ce qui fut tenté par M. Lexell, Géometre & Astronôme de Pétersbourg. Nous avons vu par les principes de Kepler & de Newton, que l'ellipse est déterminée, du moins en partie, par la durée de la révolution (*a*); il ne s'agissoit donc que de supposer différentes révolutions, & d'adopter celle qui représenteroit le mieux les observations. M. Lexell fut bien étonné de trouver qu'il falloit une période de cinq ans & demi, ou du moins entre cinq & six ans. Le calcul fondé sur cette période donnoit à la comete le même lieu dans le ciel que l'observation, & avec une exactitude presque égale à celle qu'on obtient pour les planetes dont le cours est le mieux connu; hors de ces limites, un an de plus ou de moins sur la période introduisoit dans le calcul des erreurs énormes, que les observations ne comportent pas. M. Lexell, digne éleve du célebre Euler, jouit d'une réputation bien méritée; ses résultats n'ont pas besoin de garans. Cependant les témoins ne sont jamais superflus, lorsqu'il s'agit de faits ou de vérités, & sur-tout de faits & de vérités extraordinaires. Nous dirons que cette année même (1781) M. Pingré a refait les mêmes

(*a*) Elle ne donne que le diametre, mais la distance périhélie connue par observation, retranchée du demi-diametre, donne l'excentricité.

calculs, & á trouvé, comme M. Lexell, que les observations de cette comete exigeoient une période de 5 ans ½. Nous sommes donc forcés d'admettre cette conclusion singulière; il est évident que la partie de courbe décrite par la comete, & observée dans le tems de son apparition, appartient à un orbe qui seroit décrit en cinq ans & demi. Mais est-ce l'orbe naturel & primitif que la comete a dû décrire? Cette comete, qui doit revenir périodiquement après ces courts intervalles, cette comete, qui est toujours autour de nous, puisqu'elle ne s'éloigne jamais plus que Jupiter, & s'approche presque comme la Lune (*a*), comment n'a-t-elle été vue que cette fois? Comment ne l'est-elle pas plus long-tems, & dans la plus grande partie de sa révolution? Elle n'a point reparu en 1776. M. Lexell, qui avoit prévu toutes ces objections, y a repondu d'avance : il a remarqué que cette comete en 1767, étant dans son aphélie, s'étoit trouvée très-près de Jupiter, elle en étoit 58 fois (*b*) plus près que du Soleil; Jupiter par sa masse comparée à celle du Soleil, devoit avoir alors trois fois plus de force, à cause de cette proximité, & exercer une action trois fois plus grande que celle de cet astre. La comete dans son aphélie, se meut lentement; elle a dû être plus long-tems exposée à cette action, qui, par son intensité & par sa durée, a pu produire de grands dérangemens, dénaturer l'orbite, augmenter la vîtesse, & rendre par conséquent la révolution beaucoup plus courte. Cette orbite dénaturée,

(*a*) Elle s'en approche, du moins à une distance qui n'est que huit à neuf fois plus grande.

(*b*) On lit 580 dans l'écrit de M. Lexell, inséré dans le Mémoire de M. Messier. (*Ac. des Scien.* 1776, p. 648). Dans la Lettre latine, originale de M. Lexell à M. Messier, on lit 58 *vam*; ce qui doit signifier *quinquaginta octavam*, la 58e, & non la 580e partie. Une distance 580 fois plus petite donneroit une force trois cent fois plus grande. M. Lexell dit expressément trois fois, ce qui suppose une distance seulement 58 fois plus petite.

cette vîtesse accélérée, sont celles que nous avons observées. Mais la comete doit-elle rester dans cette route nouvelle que Jupiter lui a fait prendre? C'est ce qu'il est impossible de supposer. L'astre dans cette orbite même est nécessité à des rencontres semblables à celles où il s'est déjà trouvé: son cours le fait passer très-près de Jupiter; cette planete peut lui ôter ce qu'elle lui a donné. Le 23 Août 1779, la comete a dû se trouver dans cette grande proximité; la force de Jupiter y a dû être 224 fois plus grande que celle du Soleil: Jupiter, agissant avec cette énorme supériorité, doit se rendre, pour ainsi-dire, le maître du mouvement de la comete, & opérer des transformations, qui, lorsqu'elle reparoîtra, la montreront comme un astre nouveau. Tous ces phénomènes tendent à prouver l'universalité de l'attraction proportionnelle à la masse, mais diminuant par la distance; on ne peut douter que les corps n'agissent les uns sur les autres. La comete enchaînée, comme les planetes, au joug du Soleil, pour s'être approchée trop près de Jupiter, a perdu le privilége de s'étendre au loin dans l'espace. Chacun est puissant dans son domaine; quand on approche des Grands, on est entouré de leurs chaînes & saisi par leur empire; on ne jouit de sa liberté qu'en s'éloignant d'eux, & sur-tout en évitant les despotes subalternes, devenus forts par l'éloignement du Souverain.

Au moment que nous écrivons, un phénomène qui semble inexplicable, un astre nouveau & extraordinaire fixe l'attention de l'Europe savante; un Allemand nommé M. Hartchell, l'a découvert en Angleterre, à Bath, le 17 Mars 1781. On a jugé d'abord que c'étoit une comete; les astres nouveaux qui changent de lieu, qui ont un mouvement suivi, semblent ne pouvoir être que des cometes. Cependant celui-ci n'en a point les caractères: il n'a ni barbe, ni chevelure, ni queue. Bien

des cometes obſervées depuis un ſiecle, ont paru dépouillées de cette traînée lumineuſe qu'on a nommée leur queue, & dont le ſpectacle inaccoutumé a ſi ſouvent effrayé les eſprits; mais on n'a jamais vu aucune comete qui ne fût environnée d'une nébuloſité blanchâtre, eſpece d'atmoſphère dont les formes variées, bizarres, & certaines reſſemblances lui ont fait donner le nom de barbe ou de chevelure. L'aſtre nouveau en eſt entiérement privé : il eſt petit, mais brillant, d'une lumière vive; il eſt en tout ſemblable aux petites étoiles déſignées de la ſixieme grandeur. Confondu parmi elles, on ne peut le diſtinguer que par l'obſervation de ſon mouvement; mouvement qui eſt lent & d'environ deux minutes par jour. Cet aſtre a paru ſuivre l'écliptique, juſqu'à ce moment où il eſt enveloppé des rayons du Soleil; à la ſortie, l'obſervation pourra nous éclairer ſur ſa nature. Cet aſtre, quel qu'il ſoit, ne peut être qu'une comete, une planete ou une étoile; mais dans tous les cas, c'eſt un phénomène extraordinaire. Comme comete, n'ayant ni nébuloſité ni queue, il ſeroit le premier qu'on eût obſervé de ce genre; mais cette circonſtance ne ſeroit pas ſon unique ſingularité. Un amateur illuſtre de l'Aſtronomie, M. le Préſident de Saron, a calculé quel ſeroit l'orbe de cette prétendue comete; il a trouvé qu'elle étoit actuellement éloignée de nous deux fois plus que Saturne, dix-huit fois plus que le Soleil, & qu'elle n'arriveroit à ſa plus grande proximité de cet aſtre qu'en 1784. Aucune comete n'a paru trois ans avant ſon paſſage au périhélie, aucune comete n'a été vue à une ſi grande diſtance, à une diſtance double de celle de Saturne. Les calculs dont nous parlons ne peuvent être tout-à-fait exacts, parce qu'on n'a encore obſervé qu'une petite partie d'un mouvement très-lent; ils ne le ſont même point du tout, ſi l'aſtre n'eſt pas une comete, parce

qu'on a ſuppoſé qu'il marchoit ſuivant leurs loix, qu'il décrivoit en apparence une parabole, comme elles ont coutume de le faire. Si on faiſoit paſſer une courbe de ce genre, comme cela eſt poſſible, par trois lieux obſervés de Saturne, on n'obtiendroit que des réſultats faux, parce qu'on lui ſuppoſeroit une marche qui n'eſt pas la ſienne. Si l'aſtre eſt une planete, il faut donc avoir recours à d'autres méthodes ; cette opinion commence à prévaloir en France & en Angleterre. M. Lexell nous mande de Londres qu'on y repréſente toutes les obſervations, en ſuppoſant que l'aſtre ſe meut dans un cercle dont le rayon eſt double de celui de Saturne. Ce ſeroit donc une planete qui juſqu'ici auroit échappé aux obſervations ; on ne doit pas en être étonné, puiſqu'elle ſe confond ſi bien avec les étoiles, que ceux qui ont fait des catalogues ont dû l'obſerver, & l'inſcrire comme telle. M. Meſſier penſe même qu'on pourroit expliquer par-là pourquoi certaines étoiles marquées dans les catalogues, ne ſe trouvent plus dans le ciel. Les poſitions de ces étoiles ne ſeroient que les poſitions paſſagères de la planete trouvée en différens lieux, dans différens tems, & par différens obſervateurs ; mais il reſte encore à expliquer pourquoi cette planete ſi petite en apparence, ſi prodigieuſement éloignée de nous, nous renvoie une lumière ſi vive, une lumière étincelante, comme celle des étoiles. Ce caractère ſembleroit rapprocher l'âſtre inconnu de la nature de ces aſtres regardés comme fixes & comme lumineux par eux-mêmes. La multitude des étoiles eſt dans un repos parfait ; leurs places ſont les mêmes dans le ciel, leur diſtance reſpective ne change point ; ſi quelques-unes ſe ſont écartées de cette loi générale, ce ſont les plus grandes. D'ailleurs, ces mouvemens obſervés dans quelques étoiles ſont très-lents ; il a fallu vingt ſiecles pour s'en aſſurer. Celui-ci eſt d'une toute autre eſpèce, il ſe

fait remarquer d'un jour à l'autre; il n'auroit rien de commun avec le mouvement particulier, peu sensible, reconnu dans d'autres étoiles. Une étoile, ou plutôt un soleil accompagné sans doute de planetes qui escortent sa masse, & qui lui obéissent, voyageant ainsi dans l'espace avec une certaine vîtesse, un soleil qui s'approcheroit peut-être de nous, qui viendroit nous offrir un nouveau spectacle, nous échauffer de ses feux, nous éclairer de sa lumière, seroit un grand sujet de curiosité, de recherche & d'admiration pour nous & pour notre postérité.

Mais cette dernière supposition est la plus difficile à admettre; si cet astre étoit un corps volumineux, comme le soleil, il seroit, en conséquence de sa petitesse apparente, à une distance énorme, & encore infiniment plus grande qu'on ne le suppose. Malgré la lenteur de son mouvement observé, il auroit, à cette distance, une vîtesse prodigieuse. L'avenir seul peut nous éclairer sur la nature de cet astre singulier: si dans quelque tems nous le perdons de vue, on le rangera au nombre des corps qui ont un orbe très-alongé, & qui ne sont visibles pour nous que dans une petite partie de leur cours, ce sera une comete; s'il reste toujours visible, cette circonstance le placera au rang des planetes, qui semblent nous appartenir de plus près, & qui ayant des orbites presque circulaires, s'approchent & s'éloignent de nous par des distances moins inégales. Dans cette dernière hypothèse, & dans la supposition d'une distance double de celle de Saturne, le nouvel astre, conformément à la loi de Kepler, auroit une révolution moindre que le triple de celle de cette planete, c'est-à-dire, entre 80 & 90 années: sa marche demande donc une longue étude; & si la génération actuelle a l'avantage d'enrichir notre systême d'une nouvelle planete, ce sont les générations suivantes

ſuivantes qui fixeront les élémens de ſon mouvement, & les dimenſions de ſon orbite.

Si de cette Aſtronomie impoſante, qui conſidere la nature éloignée, nous revenons à nous, à notre globe, à notre atmoſphère, nous trouverons dans ces derniers tems des recherches moins ſublimes, mais encore plus utiles; ce qui eſt près de nous, nous tient de plus près, & devient d'un uſage plus familier & plus néceſſaire. La réfraction de la lumière, ce phénomène qui s'opere tous les jours, à tous momens, a beſoin d'être d'autant mieux connu, qu'il affecte toutes les obſervations, & que nous montrant les aſtres où ils ne ſont pas, ſi nous voulons dire où ils ſont réellement, il faut que nous puiſſions rendre compte de ſa marche & de ſes variations. On ſoupçonnoit depuis Tycho que la réfraction ne devoit pas être la même par toute la terre, ni dans les différentes ſaiſons (*a*). Kepler penſoit qu'elle diminuoit lorſqu'on s'élevoit ſur le globe, & il annonçoit qu'à une certaine hauteur il n'y auroit plus de réfraction ſenſible (*b*): mais la raiſon n'admet pas toujours au rang des vérités toutes les vues du génie; elle ne croit poſſéder, & n'inſcrit dans les faſtes des ſciences que les phénomènes démontrés par les obſervations. D. Caſſini avoit ſuppoſé dans l'atmoſphère un certain pouvoir réfractif, qui ne s'étendoit pas au-delà de 2000 toiſes de hauteur; il place à cette diſtance une enveloppe ſphérique, réfringente, où ſe fait la réfraction, où le rayon ſe courbe pour continuer enſuite ſa route en ligne droite (*c*). Il ſuppoſe par-là que l'atmoſphère ne change de denſité qu'une fois, & à cette hauteur de 2000 toiſes; au-deſſus, comme au-deſſous, tout eſt d'une

(*a*) S[illegible]—à, Hiſt. de l'Aſtr. mod. Tome II, page 16[illegible]

(*b*) *Ibid.* p. 18.

(*c*) *Ibid.* p. 361.

densité uniforme, ce qui répugne aux loix de la Physique. D'ailleurs la hauteur d'un astre paroîtroit plus grande au sommet qu'au pied d'une montagne; la réfraction y seroit donc plus forte, ce qui est contraire à la pensée de Kepler, & à la vraisemblance. Il est naturel de croire que la densité de l'air varie insensiblement d'une couche à l'autre; la surface réfractive de Cassini n'est qu'une surface fictive où il place un pouvoir réfringent, unique & moyen entre toutes les réfringences variables des différentes couches. Cette quantité moyenne doit changer comme le nombre des quantités qui la composent; d'où il résulte qu'en s'élevant dans l'atmosphère sur une montagne, la surface réfractive doit s'élever & s'éloigner proportionnellement. Cette hypothèse peut être bonne, comme approximation, mais elle n'est point conforme à la nature. Le rayon de lumière se rompt à chaque pas dans l'atmosphère, il suit une courbe qu'il faut déterminer à l'aide de la géométrie; c'est ce qu'a entrepris M. Bouguer. Physicien, Astronôme & Géometre, il ne lui manquoit rien pour ces recherches; le Pérou & les Cordilières lui offroient de grandes ressources; il avoit à sa disposition tous les climats, toutes les températures & les plus grandes hauteurs du globe. Il trouva constamment au bord de la mer, sous l'équateur, les réfractions plus petites qu'en France; ainsi on peut conclure de ce résultat, comme de l'observation faite en Suede, comme de celle des Hollandois dans la nouvelle Zemble *(a)*, que la réfraction moindre à l'équateur, croît à mesure qu'on s'avance vers les pôles. Cette variation naît de la différence d'un air dilaté par la chaleur à un air condensé par le froid, & par-là devenu plus réfringent. M. Bouguer, transporté à Quito sur un sol élevé de 1466

(*a*) *Suprà*, Tome II, p. 16.

toises, y trouva les réfractions plus petites qu'au niveau de la mer; & cela doit être, parce que le rayon ayant moins de chemin à faire, se rompt moins. M. Bouguer, monté sur Pichincha, & plus élevé que Quito de 527 toises, y trouva encore les réfractions diminuées; la différence étoit sensiblement égale à ce qu'on appelle la réfraction terrestre. En effet la différence de ces réfractions est celle qui a lieu dans le trajet d'une station à l'autre; c'est la courbure que le rayon de lumière souffre dans ce passage (*a*). Il fut donc bien reconnu que les réfractions avoient deux sources d'inégalités: l'une qui les diminue, en s'avançant du pôle à l'équateur; l'autre qui les diminue aussi, en s'élevant de la surface de la terre à différentes hauteurs. Quoique la réfraction ait lieu dans toutes les couches de l'atmosphère, & depuis l'entrée du rayon jusqu'à ce qu'il atteigne notre œil, comme on ne peut douter que les couches d'air les plus épaisses, les plus denses, & par conséquent les plus réfractives, ne soient les plus voisines de la surface, il est évident qu'il existe une hauteur où l'air devient si rare, que la réfraction doit être insensible; là sont placés les termes de la réfringence que Cassini avoit soupçonnés. M. Bouguer ayant observé la réfraction à différentes élévations sur les montagnes du Pérou, put estimer les densités, les diverses couches dont il avoit les différens effets, & il trouva qu'à 5158 toises au-dessus de l'horizon il n'y auroit plus sensiblement de réfraction (*b*). M. Bouguer a reconnu qu'en général elle étoit plus grande la nuit que le jour, d'une sixieme ou septieme partie (*c*).

Ce n'étoit pas assez de connoître toutes ces causes de variations, il étoit essentiel d'observer avec précision les quan-

---

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1739, p. 41.

(*b*) *Ibid.* 1749, p. 96.

(*c*) *Ibid.* p. 105.

tités de la réfraction, relatives aux différentes hauteurs. Ceux qui en avoient donné des tables, Flamsteed, Newton, Cassini, Lahire ne s'accordoient pas; ils différoient quelquefois de 30″. Aujourd'hui que les instrumens sont meilleurs, ainsi que les méthodes d'observer, il faut que tout monte au niveau de cette perfection. Un bon observateur peut fixer la hauteur d'un astre à deux ou trois secondes près; il seroit affligeant pour lui qu'en la corrigeant de l'effet de la réfraction, il s'exposât à une erreur de 30″. M. de la Caille, enlevé trop tôt à l'Astronomie, entreprit cette tâche importante de la détermination des réfractions. Mais comme elles diminuoient sur les montagnes, dans un air moins dense, comme elles étoient plus grandes la nuit, dans un air plus froid, il étoit naturel d'en conclure qu'elles devoient varier en raison de la température & du poids de l'air, marqués par le thermomètre & le baromètre; il falloit donc connoître ces variations, avant de déterminer les quantités relatives à la hauteur des astres, & qui sont toujours les mêmes. Hauxbée avoit montré qu'un air condensé au double, pesant une fois plus, donnoit une réfraction double (*a*); il s'ensuit que lorsque le baromètre descend de 28 à 27 pouces, la réfraction doit diminuer d'une 28^e^ partie.

Halley observant que le baromètre dans nos climats varie de deux pouces sur trente, & que la densité de l'air est plus grande d'une quinzieme partie dans un tems de l'année que dans l'autre, soupçonna que les réfractions devoient varier, suivant cette raison. D. Cassini & Picard reconnurent dès 1669, qu'elles changeoient, suivant la température de l'air, ou qu'elles étoient plus grandes en hiver qu'en été (*b*). Cette cause de changement fut constatée par M. le Monnier en 1738 &

(*a*) *Suprà* Tome II, p. 607. (*b*) *Ibid.* p. 380.

1739 : il fit un grand nombre d'obſervations des étoiles circompolaires ; il les obſerva, & à leur plus grande hauteur, lorſqu'elles ſont preſqu'entièrement dépouillées de l'effet de la réfraction, & à leur moindre hauteur, lorſqu'elles en ſont le plus affectées. Ces obſervations fondamentales furent répétées en hiver, dans les jours les plus froids, & en été, dans les jours les plus chauds : il trouva qu'à 4° 44′ de hauteur la réfraction varioit de 2′ pour 36 degrés du thermomètre (a). M. Euler a montré que la réfraction doit diminuer, & par les mêmes degrés que la chaleur augmente.

M. Maïer, Aſtronôme de Gœttingue, conſtruiſit ſur ces différens principes des corrections relatives à la chaleur & au poids de l'air. M. de la Caille adopta ces corrections ; il fut donc en état de réduire toutes les obſervations, faites dans un air différemment dilaté ou condenſé, & différemment peſant, comme ſi elles avoient été faites dans la même température. Il employa une méthode très-ingénieuſe, qui quadruploit l'effet de la réfraction ; & par un travail énorme, tant d'obſervation que de calcul, il établit toutes les réfractions depuis le zénith, où elles ſont nulles, juſqu'à ſix degrés de hauteur : il n'étendit point ſes recherches & la même préciſion à des hauteurs moindres, parce que les réfractions y ſont trop irrégulières & trop éloignées de toute préciſion. Ce travail de M. de la Caille eſt magnifique ; jamais détermination aſtronomique n'a été établie ſur plus d'obſervations, ni vérifiée par un plus grand nombre d'attentions. Nous devons dire cependant que la Table qui en réſulte, n'eſt pas exempte de quelque incertitude ; on ſoupçonne que l'inſtrument dont M. de la Caille s'eſt ſervi,

(a) Hiſtoire céleſte, Diſcours préliminaire.

donnoit les hauteurs un peu trop grandes; il en devoit également résulter des réfractions trop grandes. Il est certain que plusieurs observateurs, à la tête desquels étoit le célebre Bradley, trouvoient constamment les réfractions moindres que M. de la Caille; il imaginoit de son côté, que leurs instrumens donnoient les hauteurs trop petites. Ce procès n'a pas été jugé ; il est même difficile qu'il le soit. L'objet de la contestation n'est que de six secondes. Nous voyons le progrès des choses : dans le dernier siecle on étoit tranquille, malgré une différence de 30″; aujourd'hui cette légère incertitude de 6″ rend suspecte la Table de M. de la Caille, & suffira peut-être pour la faire abandonner.

Les incertitudes sont bien plus grandes sur les petites hauteurs. Les astres près de l'horizon sont plongés dans les vapeurs; il faut une méthode particulière pour les observer. M. le Prince de Croy ayant fait bâtir un pavillon destiné à servir d'observatoire, auprès de Chatillon, à une lieue de Paris, sur un sol assez élevé, M. le Monnier, qui avoit commencé cette théorie des variations de la réfraction par la chaleur, pensa que l'observatoire de M. le Prince de Croy pourroit lui servir à continuer ses recherches, & même à déterminer la réfraction horizontale. Les étoiles boréales, assez éloignées de l'équateur, décrivent des cercles diurnes qui coupent fort obliquement l'horizon; la réfraction qui les éleve, les transporte dans un autre cercle diurne, & les fait lever & coucher à d'autres points de l'horizon. En calculant, par les positions connues des étoiles, l'arc intercepté entre les vrais points de leur lever & de leur coucher, comme il paroîtroit, s'il n'y avoit point de réfraction ; en observant la grandeur altérée de cet arc, la différence donnera l'effet même de la réfraction : il est tel qu'une réfraction plus grande ou plus petite d'une

minute, diminue ou augmente cet arc de vingt-neuf minutes (*a*). L'art de l'Astronôme est d'amplifier ainsi les effets pour les mieux déterminer. L'inconvénient de cette méthode est la difficulté d'appercevoir les étoiles dans un horizon souvent embrumé, à travers un air grossier, & toujours plus ou moins chargé de vapeurs.

Ces considérations sur l'atmosphère de notre globe nous conduisent à renouveler la question des atmosphères des planetes, & à demander ce que nous avons appris à cet égard, par les connoissances nouvelles. L'Académie des Sciences de Paris a proposé cette question en 1758, & M. l'abbé Frisi, célebre Géometre d'Italie, a remporté le prix; malgré ces recherches savantes, nous ne savons rien de plus que dans le siecle dernier. Quelques observations ont fait soupçonner une atmosphère dans les planetes de Mars, de Vénus & de Mercure (*b*); mais d'autres observations détruisent ces soupçons, & quand l'observation ne parle que pour se contredire, la raison doit s'abstenir de prononcer. La seule connoissance positive que nous ayons acquise à cet égard, est celle d'une très-petite atmosphère autour du globe de la Lune. L'éclipse de Soleil du premier Avril 1764 fut l'occasion de cette découverte. Un grand nombre d'Astronômes avoient soupçonné cette atmosphère; M. Euler entreprit d'en prouver l'existence par les éclipses du Soleil (*c*). Plusieurs phénomènes, tels que des variations dans la durée de ces éclipses, les étoiles vues sur le disque de la Lune, avant leur disparition derrière ce disque, étoient attribués à une atmosphère qui produit une

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1766, p. 608

(*b*) M. l'abbé Frisi, *Dissertatio de atmosphærâ cœlestium corporum*. M. de Lalande, Astronom. Tome II, p. 719.

(*c*) Mém. de l'Acad. de Berlin 1748, p. 103.

réfraction, ou à une inflexion des rayons solaires, qui se détournent vers le globe de la Lune, attirés par sa masse. Cette dernière cause est celle qu'imaginoit M. de Lisle. Quelle que soit cette cause, M. le Monnier a remarqué que pour en déterminer l'effet, il falloit comparer la durée des éclipses annulaires à celle des éclipses totales *(a)*. M. Euler penchoit à admettre une atmosphère autour de la Lune, & la supposoit capable d'une réfraction de $20''$. M. du Séjour ayant cherché une méthode analytique, qui embrassât rigoureusement toutes les circonstances des éclipses, qui laissât indéterminés tous les effets mal connus, afin de pouvoir les déterminer par le plus grand accord des observations, trouva que relativement à l'inflexion des rayons solaires, toutes les observations de l'éclipse du premier Avril 1764, qui étoient en grand nombre, ne pouvoient s'accorder qu'en admettant une inflexion de $4''\frac{1}{2}$. Il démontra que cette inflexion n'étoit point semblable à celle qui a été observée par le P. Grimaldi, & nommée par lui diffraction; phénomène qui est dû, suivant Newton, à l'attraction des corps sur la lumière. Le rayon qui rase le bord de la Lune, vient du Soleil avec une telle rapidité, que par sa vîtesse il échappe à l'attraction de la Lune; sa route à cet égard reste sensiblement en ligne droite : le détour de $4''\frac{1}{2}$ que le rayon souffre près de la Lune, ne peut être attribué qu'à une réfraction dans son atmosphère *(b)*. Mais l'inflexion observée est double de la réfraction horizontale de la Lune. Cette réfraction qui est de $32'$ sur le globe de la terre, n'est donc que de $2''\frac{1}{4}$ sur le globe de notre satellite : on ne doit donc pas s'étonner si cette atmosphère, qui existe réellement, mais si petite, a été si long-tems l'objet de tant de soupçons &

(a) Mém. Acad. des Scien. 1764, p. 154.

(b) *Ibid.* 1767, p. 209.

d'incertitudes

d'incertitudes ; elle échappoit aux obſervations. Il a fallu une méthode telle que celle de M. du Séjour, & qui permît de faire concourir la totalité d'un grand nombre d'obſervations ; il faut beaucoup de témoins pour les choſes difficiles à conſtater. On doit admirer l'induſtrie de l'homme, qui ſait démêler un phénomène ſi foible ſur le globe, à la vérité le plus proche de nous, mais encore bien éloigné, relativement au peu d'étendue de nos organes. Telle eſt cette atmoſphère ſi long-tems cherchée & ſi difficile à conſtater. Il faut que l'air qui environne la Lune, ſoit bien peu denſe, pour que la plus grande de toutes les réfractions n'y ſoit que de deux ſecondes un quart : à peine ce fluide mérite-t-il le nom d'air ; il ſe rapproche bien plus de la nature de l'éther. Pour en trouver ici un ſemblable, il faudroit monter ſur les plus hautes montagnes, ou plutôt atteindre ces limites de 5158 toiſes où leur ſommet n'atteint pas, & que M. Bouguer a marquées à la réfraction inſenſible ; qu'eſt-ce en effet qu'une réfraction de deux ſecondes, ſi ce n'eſt une réfraction inſenſible? On peut dire encore que malgré la découverte de M. du Séjour, la Lune n'a point d'atmoſphère : celle qui réſulte de nos recherches eſt du moins dans un état d'imperfection ; c'eſt une atmoſphère, ou ſeulement en partie commencée, ou déjà en partie détruite. S'il eſt naturel de croire que les atmoſphères appartiennent aux corps, qu'elles en ſont des émanations & le produit de la chaleur, il eſt également naturel de croire que la Lune eſt incapable de ces émanations, qu'elle eſt privée de la chaleur qui agite l'intérieur des corps, & qui en fait évaporer les parties les plus ſubtiles. Seroit-il trop hardi de conclure que quand un corps n'a pu ſe former une enveloppe de ſes propres émanations, il eſt entiérement ſtérile, dans un repos abſolu & glacé, qui eſt l'état de mort pour les corps inanimés ? Comment la Lune

auroit-elle de la chaleur, des liquides ſans émanations ? Comment auroit-elle des êtres vivans ſur un globe ſans eaux & preſque ſans air ? Comment les végétaux pourroient-ils croître, ſi elle ne tire rien de ſon ſein ? Nous ſommes déjà parvenus à ces concluſions (*a*), confirmées ici par la découverte d'un air preſque ſans maſſe & ſans énergie. Tant que nous n'avons pu meſurer cet air par ſes effets, nous ignorions ſa nature ; mais lorſqu'une fois nous l'avons ſaiſie, nous avons une donnée qui nous permet des concluſions légitimes. Tout eſt lié dans la nature par un beſoin mutuel, toutes ſes parties dépendent les uns des autres ; les grands corps, les maſſes habitées ſont organiſés comme la machine humaine, où la vie dépend de tant d'élémens. L'abſence, la deſtruction d'un de ces élémens ſuffiſent pour interrompre la vie, & pour détruire l'organiſation.

L'Aſtronomie ne s'eſt pas ſeulement enrichie par ces ſpéculations tranquilles du cabinet, par les obſervations des Aſtronômes ſédentaires, elle doit encore de grands progrès & aux voyages entrepris ſur le globe, & à la perfection des arts ; nous allons examiner ſucceſſivement les produits de ces deux ſources.

L'homme tranquille & ſédentaire ne connoîtroit rien qu'imparfaitement : il n'occupe qu'un point dans un eſpace infini ; la vue, le plus étendu de ſes ſens, eſt encore ſi bornée ! D'ailleurs elle le trompe, il ne voit bien que ce qu'il touche. Il faut donc qu'il ſe tranſporte pour tout voir, qu'il marche pour tout meſurer, qu'il change de place pour changer les apparences qu'il veut étudier & approfondir ; en un mot il faut que l'homme parcoure l'univers, la nature, autant qu'il le peut, & qu'il s'applique lui-même, & ſucceſſivement, aux

(*a*) *Suprà*, Tome II. p. 728.

différentes parties de leur étendue pour en ſaiſir les détails & en déterminer les rapports. Les voyages, entrepris de nos jours dans l'Europe & ſavante & curieuſe, ſont un avantage des modernes ſur les anciens habitans du monde. Jadis les peuples étoient circonſcrits : ils étoient ſéparés par la jalouſie & par la défiance ; chaque nation vivoit à part, ſans preſque aucune communication à l'extérieur ; elle étoit concentrée en elle-même, comme jadis, dans nos mœurs antiques & ſimples, on l'étoit dans ſa famille. La ſociété des peuples s'eſt étendue ſur le globe, comme dans les villes la ſociété des Hommes. Les connoiſſances générales ſe ſont multipliées, peut-être aux dépens des affections domeſtiques, & les ſciences ont gagné ce que les mœurs ont perdu.

Nous avons dit ce que les François ont fait pour la meſure de la terre : ils ont quitté leurs foyers ; ils ont été braver les froids du nord & les ardeurs du midi, eux qui ſont nés ſur un ſol & ſous un ciel où la nature a placé la même douceur de température qu'elle a donnée à leur caractère. Ces voyages ſont devenus l'exemple de beaucoup d'autres ; & dès que certaines contrées du globe ont offert des connoiſſances nouvelles, on a trouvé des hommes curieux & intrépides pour les aller chercher. M. de la Caille que nous pouvons louer, parce qu'il ne nous entend pas ; cet homme auſſi recommandable par ſa vertu que par ſes talens, cet homme que ſes amis & les ſciences pleureront toujours, après avoir rectifié la théorie du ſoleil, obſervé les plus belles étoiles viſibles ſur notre horizon, & avoir donné ces baſes à l'Aſtronomie future, entreprit d'aller dans l'hémiſphère auſtral, voir l'autre partie du ciel qui nous eſt cachée par l'opacité de la terre. Le même deſſein avoit conduit Halley, dans le ſiecle dernier, à l'île de Sainte-Helène ; mais Sainte-Helène n'eſt

pas assez avancée vers le midi, le ciel n'y est pas assez favorable. M. de la Caille, jaloux d'associer son nom à celui de Halley, pensa qu'il lui restoit encore beaucoup à voir & à observer ; il choisit le Cap de Bonne-Espérance, & il y exécuta un des plus grands travaux qu'un homme seul ait osé entreprendre, ce fut de déterminer les positions de toutes les étoiles visibles, qui se rencontrent entre le pôle austral & le tropique du capricorne. Peu de ces étoiles se montrent sur notre horizon : cette partie du ciel, qui fait à-peu-près le tiers de la voûte céleste, est presque entièrement étrangère à nos climats; elle contient dix mille étoiles visibles & dignes d'être observées. M. de la Caille n'en a laissé échapper aucune ; qu'on se représente un homme, qui passe chaque nuit sept à huit heures sans cesse attaché à une lunette, où il observe toutes les étoiles que la révolution du ciel fait passer devant lui, tantôt debout, tantôt couché, & regardant le zénith, toujours combattant le sommeil, & multipliant ses travaux pour le surmonter. Il ne se seroit occupé que des plus belles étoiles, mais leur nombre n'étoit pas assez grand ; il observa toutes les autres, pour être continuellement en action. Ces momens de M. de la Caille furent à-peu-près semblables à tous les autres de sa vie; voilà l'homme laborieux, voilà l'Astronôme que nous avons peint (*a*). Cette précieuse description, le Catalogue de dix mille étoiles qu'il nous a laissé, n'a pas besoin de l'épreuve du tems; le mérite de l'Observateur suffit pour en assurer l'exactitude. Si l'historien s'écarte ici de la regle qu'il s'est imposée, les cœurs sensibles & justes le lui pardonneront; M. de la Caille fut son ami & son maître.

Une autre recherche importante avoit conduit M. de la

(*a*) *Suprà* Tome II, p. 281.

Caille au Cap de Bonne-Eſpérance : la parallaxe de la lune qui renferme le ſecret de ſa diſtance, eſt une de ces illuſions ou de ces apparences qu'il faut faire varier, qu'il faut amplifier pour les connoître & les mieux déterminer ; elle eſt la plus grande à l'horizon, elle tend à en rapprocher les aſtres & à les éloigner du zénith. On ſait qu'elle eſt due à l'épaiſſeur de la terre ; on ſe rappelle qu'elle eſt formée par les deux lignes imaginées du centre de la terre & de l'œil de l'obſervateur au centre de la lune. Cet obſervateur la voit plus éloignée de ſon zénith qu'elle ne l'eſt réellement. Si un ſecond obſervateur transporté dans l'autre hémiſphère, obſerve de ſon côté, au même inſtant que le premier, il verra auſſi la lune éloignée de ſon zénith par la parallaxe ; mais comme les hémiſphères ſont oppoſés, les effets ſont contraires. Dans l'un la parallaxe porte la lune vers le midi ; dans l'autre elle la ramene vers le nord. Les obſervations comparées donneront pour réſultat le double de la parallaxe, ou du moins une parallaxe preſque doublée, ſuivant les circonſtances plus ou moins favorables. L'erreur inévitable ſera enſuite partagée comme le réſultat double ; & la parallaxe, cette connoiſſance délicate & importante ſera déterminée avec d'autant plus de préciſion. Tandis que M. de la Caille obſervoit au Cap, M. Bradley obſervoit à Londres, M. de la Lande à Berlin, M. Zanotti à Bologne, M. Wargentin à Stockolm, M. Caſſini de Thury à Paris, &c. Ce ſecours que les hommes ſe prêtent, ce concours pour une même recherche eſt un avantage de la ſociété des peuples ; la facilité des voyages eſt encore un fruit de leurs communications. Peu à peu nous nous ſommes familiariſés avec les climats, avec les hommes, c'eſt aujourd'hui que l'homme eſt vraiment habitant de la terre. Il faut remarquer que l'applatiſſement du globe introduit une petite inégalité dans la parallaxe ; cette parallaxe

ſeroit partout la même ſur une ſphère. On conçoit que la ligne menée de l'œil de l'obſervateur à la lune ſera plus rapprochée du centre de la terre ſous le pôle applati que ſous l'équateur exhauſſé. Cette ligne, rencontrant au centre de la lune celle qui eſt menée du centre de la terre, formera donc avec elle un angle plus petit, une parallaxe moindre pour le pôle que pour l'équateur : les parallaxes varieront tant ſoit peu dans l'intervalle ; ce ſont de nouvelles attentions & de nouveaux ſcrupules de calcul. Il réſulte de ces recherches que la parallaxe moyenne & pour Paris eſt de 57′ 39″ (*a*) ; la diſtance qu'elle ſuppoſe eſt de 85464 lieues (*b*). Il n'y a pas plus de deux ſecondes

---

(*a*) Cette parallaxe de 57′ 39″ n'eſt pas celle qui convient à la diſtance moyenne de la lune, mais la moyenne arithmétique entre la plus grande & la plus petite de toutes les parallaxes.

(*b*) M. Murdoch a propoſé une méthode pour trouver la diſtance moyenne de la lune & ſa parallaxe, déduites de la ſeule loi de la gravitation. Cette théorie eſt aſſez bien confirmée, pour qu'elle puiſſe ſervir à cet uſage. On connoît la quantité de toiſes dont les corps tombent ſur la ſurface de la terre en une ſeconde ; on connoît également l'arc parcouru par la lune dans le même tems, & le ſinus verſe de cet arc, qui eſt l'eſpace de la chûte. Il eſt clair que ces deux eſpaces ſeront entr'eux inverſement comme les carrés des diſtances. On peut donc, au moyen du rayon connu de notre globe, trouver la diſtance de la lune. M. Murdoch trouve cette diſtance de 60,08906 demi-diametres de notre globe, & la parallaxe de 57′ 12″,34 ; enſuite conſidérant que la lune ne ſe meut pas préciſément autour de la terre, mais autour du centre commun de gravité, il cherche le changement qui en réſulte ſur la diſtance & ſur la parallaxe, & il trouve la première de 60,5883, & la ſeconde de 58′ 44″,07, (*Tranſ. philoſ.* 1764, p. 29). M. de la Caille a déterminé la parallaxe horizontale & moyenne ſous l'équateur de 57′ 14″ ; M. Maier de 57′ 11″ ; M. de la Lande de 57′ 13″. Les réſultats de ces Aſtronômes ſont établis ſur des obſervations nombreuſes & délicates, & il eſt curieux de voir comment la théorie a ſi bien deviné ces réſultats.

M. Horſley a voulu de même chercher la diſtance du ſoleil à la terre par la ſeule théorie, ou du moins le rapport de cette diſtance à celle de la lune à la terre. Il emploie la révolution périodique de la lune, & ſa révolution anomaliſtique. C'eſt la force attractive de la terre, qui retient la lune & regle ſa révolution périodique ; c'eſt la force perturbatrice du ſoleil, qui produit le mouvement de l'apogée, & qui conſéquemment regle le mouvement anomaliſtique : en comparant les deux révolutions, on a le rapport des forces ; & ſi les maſſes ſont connues ou ſuppoſées, on a le rapport des diſtances. M. Horſley, en ſuppoſant la diſtance de la lune de 60½ demi-diametres, trouve celle du ſoleil de 30008½ des mêmes demi-diametres, & ſa parallaxe de 6″ 52‴ (*Tranſ. philoſ.* 1767, p. 179), beaucoup trop petite ſans doute. Mais comme le remarque M. Horſley, l'incertitude de la maſſe de la lune produit ſeule une très-grande différence ſur le réſultat du calcul. (*Ibid.* 1769, p. 153).

d'incertitude ſur cette détermination ; & comme ces deux ſecondes répondent à cinquante lieues (*a*), il s'enſuit que ſans ſortir du globe où nous ſommes renfermés, notre induſtrie a meſuré une grande diſtance avec cette préciſion.

C'eſt beaucoup d'avoir connu ſi bien la diſtance à laquelle la force prépondérante de la terre a fixé la lune, &, pour ainſi dire, la longueur de la chaîne où cet aſtre eſt attaché. Les chaînes du ſoleil, proportionnées à ſa puiſſance, ſont plus étendues & plus difficiles à apprécier ; elles retiennent toutes les planetes à différentes diſtances. Nous avons dit que ces diſtances ont entr'elles des relations néceſſaires : il n'en faut connoître qu'une, toutes les autres ſeront connues ; elles ſont meſurées par les parallaxes. C'eſt donc à la parallaxe du ſoleil, c'eſt-à-dire, aux différentes apparences produites par la groſſeur de notre globe, qu'il faut demander la diſtance du ſoleil à la terre ; mais le ſoleil eſt ſi loin, la terre eſt ſi petite devant lui, qu'elle a bien peu d'étendue pour des apparences ſenſiblement différentes. Deux lignes menées d'un point de la circonférence du globe & de ſon centre, quoiqu'éloignées de la longueur du rayon, & par conſéquent ſéparées par une diſtance de plus de 1400 lieues, lorſqu'elles aboutiſſent & ſe joignent au centre du Soleil, y forment un angle ſi petit, qu'il offre peu de priſe à nos obſervations. Ariſtarque ſuppoſoit cet angle de trois minutes ; Hypparque, Ptolémée, Tycho même n'y ont rien changé. Kepler penchoit à faire la parallaxe

---

M. Murdoch a cherché la même choſe que M. Horſley ; mais en employant comme donnée la longueur du pendule à ſeconde, à l'équateur, il trouve les rapports des diſtances, des maſſes, des denſités de la terre, de la lune & du ſoleil dans différentes hypothèſes des parallaxes de la lune, les réſultats les plus éloignés pour la parallaxe du ſoleil ſont 12″,03 & 8″,09 (*Tranſac.* 1768, p. 24). Ces recherches ſont plus curieuſes qu'utiles ; mais on eſt bien aiſé de voir que la théorie peut s'accorder à donner la même Parallaxe que le paſſage de Vénus.

(*a*) M. de la Lande, Aſtron. Tom. II, p. 401.

d'une minute : Vendelinus la réduisit à 15 secondes ; cependant Halley l'estimoit encore de 25 secondes. Dominique Cassini observant la parallaxe de Mars pour en déduire celle du Soleil, la jugea tantôt de 9″, tantôt de 9″½ ; Flamsteed, Maraldi, Pound, Bradley, Jacques Cassini, M. l'Abbé de la Caille s'accorderent tous à la fixer à 10″. On voit donc que par le progrès des choses cette parallaxe avoit toujours été en diminuant, à mesure que nos moyens s'étoient perfectionnés, & nous avoient permis d'approcher de plus près la vérité. Tel étoit l'état des connoissances en 1761, au moment du fameux passage de Vénus sur le Soleil. Cette détermination étoit importante, puisque la distance du Soleil est la base, & la mesure de toutes les autres ; aussi jamais aucun objet des sciences n'a donné lieu à plus de voyages sur la terre, & n'a excité plus de mouvement dans l'Europe. On se prépara pour cette observation ; on chercha par le calcul les lieux de la terre où les circonstances seroient plus favorables. On suivoit les vues & la méthode ingénieuse de Halley. Cette méthode, nous l'avons dit (*a*), consiste à chercher le lieu du globe où la durée du passage doit être plus accourcie, & en même tems celui où elle doit être plus alongée par la parallaxe. La différence de ces durées en renferme tout l'effet ; & Halley pensoit qu'elle seroit assez sensible pour que l'on pût connoître la parallaxe à $\frac{1}{500}$e près. Il avoit indiqué le beau pays des Bramanes & les bords glacés de la baie d'Hudson comme les postes les plus avantageux. On revint sur la méthode de Halley & sur ses calculs ; on vit qu'il s'étoit trompé (*b*) : c'étoit une erreur qui indiquoit

(*a*) *Suprà* Tome II, p. 436.

(*b*) M. du Séjour a appliqué une méthode générale pour les éclipses, dont nous parlerons dans le livre suivant, aux passages de Mercure & de Vénus qui ne sont eux-mêmes que des éclipses de Soleil. Les méthodes ingénieuses de Halley & de M. de Lille sont indirectes, elles procédent par un taton-

la

la baie d'Hudſon. M. de Liſle étendit & perfectionna la méthode de Halley; il montra que la parallaxe altérant les momens de l'entrée ou de la ſortie de Vénus ſur le Soleil, ces momens obſervés dans différens pays, & pris à part pour être comparés enſemble, donnoient ſouvent autant de différence que la durée entière des paſſages. Cette perfection de la méthode lui donnoit plus d'étendue; elle multiplioit les lieux d'obſervation. Car il y a peu de pays favoriſés, où l'on puiſſe voir toute la durée; dans le plus grand nombre on ne voit que l'entrée ou la ſortie. On pouvoit donc obſerver partout; mais il étoit eſſentiel de placer des obſervateurs dans les poſtes les plus favorables. M. de Liſle indiquoit la plus grande différence entre les obſervations faites à Tobolsk en Sibérie & à l'île Sainte-Hélène. Tous les Aſtronômes ſe mirent en mouvement, dirigés par Halley & par M. de Liſle. M. le Gentil s'embarqua pour la côte de Coromandel, ſuivant l'indication du premier. L'Académie de Péterſbourg demanda un Aſtronôme de l'Académie de Paris pour aller obſerver dans la Sibérie, tandis que les Aſtronômes Ruſſes s'avanceroient vers le Kamchatka. M. l'abbé Chappe partit en conſéquence pour Tobolsk. L'Académie de Paris envoya M. Pingré à l'île Rodrigue, dans l'Océan éthiopique, près l'Iſle de France, où l'on pouvoit eſpérer de voir la durée entière du paſſage. L'Angleterre s'étoit propoſé d'avoir des obſervateurs à la Baie d'Hudſon; mais les remarques de M. de Liſle changerent ce projet. M. Maskelyne, Aſtronôme royal, fut deſtiné pour l'île

nement. M. du Séjour, en employant une analyſe directe, eſt parvenu à une équation du ſecond degré dont les deux racines donnent, l'une la plus longue durée, & l'autre la plus courte. Il a diſcuté les paſſages de Vénus ſur le Soleil, que l'on attend pour le 8 Décembre 1874, & pour le 6 Décembre 1882, mais que la génération actuelle ne verra pas. On en trouvera les détails dans les Mémoire de l'Académie de 1773 & 1774.

Sainte-Hélène, où Halley avoit déjà observé. M. Mason s'embarqua pour les Indes & pour Sumatra : mais sa navigation dirigée par les sciences qui aiment la paix, fut troublée par la guerre ; nos vaisseaux attaquerent le sien qui fut désemparé, & l'Astronôme se trouva obligé de rester au cap de Bonne-Espérance. L'Académie des Sciences de Stockolm envoya des observateurs en Laponie & au nord de la Suede ; le Roi de Danemarck à Drontheim en Norvége, l'Académie de Péterſbourg, sur les confins de la Tartarie & de la Chine (*a*).

Le jour du passage arrivé, il fut observé partout où le ciel ne se déroba pas aux regards des Astronômes ; nous ne pouvons nommer ici tous les témoins de ce curieux phénomène. Obligés de proscrire les détails, nous ne présenterons que des résultats ; ils ne furent pas aussi satisfaisans que Halley les avoit annoncés. On trouva peu d'accord dans les comparaisons que l'on fit des observations : deux Astronômes, M. Pingré & M. Short, s'occuperent particulièrement de ces comparaisons ; & comme les observations étoient ou différemment exactes, ou différemment favorables, ces deux astronômes, en choisissant différens termes de comparaison, parvinrent à des conclusions assez éloignées. M. Pingré trouva la parallaxe du soleil de 10″ $\frac{1}{2}$ (*b*) ; & M. Short seulement de 8″ $\frac{1}{2}$ (*c*). C'étoit un triste résultat pour une observation qui avoit couté tant de voyages & tant de peines, qu'une incertitude de deux secondes ou d'un cinquieme de la quantité déterminée. Cette incertitude étoit bien loin de la précision espérée à $\frac{1}{500}$e près. Ce qu'il y eut de plus fâcheux ; car l'histoire doit tout dire, elle doit compte de la mauvaise fortune comme des succès ; ce qu'il y eut de plus

(*a*) Académie des Sciences 1757, Hist. p. 77.

(*b*) Mémoires de l'Académie des Sciences, 1761, pages 413 & 483 ; 1765, p. 1.

(*c*) Transf. phil. 1762, p. 611 ; 1763, p. 158 & 300.

fâcheux, c'est que parmi les observations, tandis qu'il y en avoit qui donnoient une parallaxe de 14″ & même de 30, il y en avoit d'autres qui la restreignoient à 4″½, & d'autres qui n'en donnoient point du tout. (*a*). Sans doute ces écarts devoient être regardés comme des erreurs d'observation; le plus grand nombre de ces observations donnoit une parallaxe peu éloignée de 10″. M. Hornsby, Astronôme d'Oxfort, combattit dans les Transactions philosophiques (*b*) les conclusions de M. Short; il établit une parallaxe de 9″¾, qui différoit peu de celle de M. Pingré. Cependant il faut avouer que cette détermination étoit encore fort incertaine, & que sans le second passage de Vénus, arrivé en 1769, nous serions restés dans une triste incertitude sur une des connoissances les plus importantes de l'Astronomie. La nature nous avoit menagé cette ressource. On a besoin de se familiariser avec les phénomènes; le premier servit d'essai & de préparation; les mêmes hommes virent le second, & plus instruits des difficultés, l'attention mieux dirigée leur permit de meilleures observations. On se prépara avec encore plus de soin pour ce dernier passage: c'étoit en effet le dernier que la génération actuelle pût espérer d'observer; il s'écoulera plusieurs générations & plus de cent années avant qu'on puisse le revoir. M. l'abbé Hell s'étoit transporté à Wardhus en Norvége. M. le Gentil, qui par les hasards de la mer avoit manqué l'observation de 1761, resta dans l'Inde pour attendre celle de 1769: mais les hasards du ciel ne lui furent pas plus favorables; il eut le chagrin de manquer une seconde fois l'observation à Pondicheri. Un nuage placé sur le soleil, n'y resta que le tems nécessaire pour

(*c*) Mém. de l'Acad. des Sciences 1761, p. 457 & 459.

(*b*) Transactions philosophiques 1763, p. 467.

empêcher la vue du phénomène ; un inſtant lui fit perdre le fruit d'un voyage pénible. Mais les onze années paſſées dans l'Inde ne furent point perdues pour lui ; il en a rapporté un grand nombre d'obſervations utiles, & la matière d'une relation intéreſſante qu'il vient de publier. M. l'abbé Chappe paya cher le bonheur d'avoir réuſſi dans ſon obſervation de ce fameux paſſage ; il avoit été l'attendre en Californie, il y mourut victime de ſon zele, & acheta de ſa vie l'honneur de cette grande déciſion. L'hiſtoire lui doit des éloges, & les hommes de la reconnoiſſance. M. l'abbé Chappe portoit dans la carrière des ſciences le même courage que l'on montre dans celle des armes ; le péril ne l'étonnoit pas, pourvu qu'il fût ſûr d'échanger ſa vie contre la gloire.

Les obſervations faites dans tous les lieux habités par des ſavans furent nombreuſes, & cette fois les concluſions devinrent plus uniformes ; la ſeule obſervation de l'abbé Hell à Wardhus s'écarte ſenſiblement des autres. M. de la Lande qui la rejeta, établit la parallaxe du ſoleil de $8''\frac{1}{2}$ (*a*). M. Pingré, qui admit l'obſervation de Wardhus, trouva la parallaxe de $8''\frac{3}{4}$ (*b*). M. Lexell trouvoit $8''\frac{6}{10}$es. C'eſt donc cette petite quantité que nous cherchons depuis Ariſtarque juſqu'à nous, c'eſt-à-dire, depuis vingt ſiecles ; que nous avons obtenue en traverſant les mers, en nous tranſportant dans des pays ou glacés, ou ſauvages ; enfin par le ſacrifice de la vie même à cette curioſité inquiete, qui ſans ceſſe tire l'homme de ſon repos, & qui eſt la ſource de ſes progrès & de ſa perfectibilité : heureux du moins lorſque le ſuccès le récompenſe ! Nous devons être contens de la préciſion que nous avons atteinte. En admettant, comme M. de la Lande, la parallaxe de $8''\frac{1}{2}$, il ne reſte au

(*a*) Mém. Acad. des Scien. 1770, p. 416. (*b*) *Ibid.* p. 558, 1772, p. 398.

plus qu'un quart de ſeconde d'incertitude. Il en réſulte que la diſtance du ſoleil eſt de près de trente-cinq millions de lieues, & que cet aſtre eſt au moins quatorze cent mille fois plus gros que la terre (*a*). L'incertitude d'un quart de ſeconde ne doit pas nous étonner; c'eſt la limite de nos moyens & de nos connoiſſances à cet égard. Mais ce quart de ſeconde répond à un million de lieues, & cette quantité paroît énorme! On a peine à ſe perſuader qu'il y ait de la préciſion avec une telle incertitude. Cependant ſi on ſonge par combien d'efforts cette détermination a été achetée, ce qu'elle a coûté de fatigues & de dangers, ſi on combine les difficultés, les erreurs poſſibles des obſervations, les inégalités de l'atmoſphère en différens lieux, la différence des inſtrumens & des vues, ſi l'on conſidere ſur-tout la petiteſſe de la quantité déterminée, on concevra que cette préciſion eſt en effet très-grande. Il eſt beau, quand on vit à peine un demi-ſiecle ſur un petit globe, preſqu'inſenſible à la diſtance du ſoleil, de franchir l'eſpace qui nous ſépare de ce vaſte corps, & de meſurer, même dans ces limites, par notre induſtrie, & ſa diſtance immenſe, & ſa grandeur majeſtueuſe.

A ces voyages entrepris pour le progrès de nos connoiſſances, ont ſuccédé d'autres voyages, pour conſtater la perfection des arts. L'horlogerie eſt un de ceux dont l'Aſtronomie a le plus de beſoin; que deviendroit cette ſcience ſans la meſure exacte du tems? Sully, Graham, Julien le Roi ont perfectionné cet art important pour les beſoins des ſciences & de la ſociété, & le génie de leurs ſucceſſeurs en a fait une application utile à la navigation. Comme dans les voyages de mer

(*a*) Plus exactement, la diſtance du ſoleil eſt de 34761680, & cet aſtre eſt plus gros 1435025 fois que la terre.

(*b*) Mém. Ac. des Scien. 1770, p. 416.

on a toujours facilement la latitude, la connoiſſance de la route ſe réduit à celle de la longitude (*a*); or la longitude eſt connue par le tems. Si l'on peut ſavoir l'heure qu'il eſt au même inſtant dans deux lieux différens, ces heures, par leur différence, indiqueront la différence des longitudes. Nous ne connoiſſons juſqu'ici que deux méthodes : l'une d'embarquer ſur le vaiſſeau une horloge, qui conſerve exactement ſans ſe déranger l'heure du lieu du départ, ce qui eſt très-difficile; l'autre d'obſerver l'inſtant d'un phénomene céleſte, & de calculer l'inſtant où ce même phénomene ſeroit obſervé dans un lieu connu. La différence de ces inſtans donne la différence des longitudes. On a employé à cet uſage les obſervations des éclipſes du Soleil, de la Lune & des ſatellites de Jupiter; celles des diſtances de la Lune aux étoiles. Mais parmi ces obſervations, celles des éclipſes de Soleil & de Lune ſont trop rares, les éclipſes des ſatellites de Jupiter ſont trop difficiles à obſerver ſur mer; enfin la meſure des diſtances des étoiles à la Lune ſuppoſe la connoiſſance exacte de ſes mouvemens. D'ailleurs, ce dernier genre d'obſervation, comme celui des éclipſes de Soleil & de Lune, exige beaucoup de calculs; il faut employer un grand nombre d'élémens différens. On accumule donc & les erreurs de l'obſervation, & celle des élémens employés, & celle du calcul : on dépend donc de l'expérience & de l'adreſſe du calculateur; on dépend encore de la faveur du ciel, qui ſouvent ſe refuſe à l'aſtronomie. Pour un uſage journalier & de premiere néceſſité, il falloit une méthode & plus facile, & plus exacte; cette méthode ne pouvoit être que celle des horloges. Le Parlement d'Angleterre en 1714 avoit paſſé un acte par lequel il aſſuroit vingt-mille livres ſterling (*b*) à celui

(*a*) *Suprà*, Tom. I. p. 113, Tom. II. p. 135.

(*b*) Environ 470000 l. de notre monnoie.

qui indiqueroit une méthode pour trouver la longitude sur mer, à un demi-degré près (*a*). Ces récompenses sont magnifiques & comparables à leur objet; si un homme a consumé sa vie à une grande recherche, il obtient un prix digne de ses efforts & de sa noble émulation. Sans doute la gloire est le plus puissant aiguillon; mais si on ose lui associer la fortune, il faut au moins que cette fortune soit considérable, & faite pour paroître à la suite de la gloire (*b*). La difficulté étoit de faire une horloge qui pût marcher régulièrement sur un vaisseau sans cesse agité par les flots. Sully, artiste Anglois, établi à Paris, construisit une montre marine en 1726; cette horloge n'étoit qu'un essai. Harrison son compatriote, simple charpentier d'une province d'Angleterre, mais doué de l'esprit d'invention, s'occupa, dans le même tems, de la même recherche; il y employa quarante années. Les grandes choses ne se font qu'avec le tems; le tems & le génie sont les maîtres du monde, & c'est en laissant mûrir ses pensées, que le génie parvient à les féconder. Le fruit de ces longs travaux, la montre d'Harrison fut éprouvée en 1761: elle fut embarquée sur un vaisseau qui partoit pour la Jamaïque; la montre rapportée en Angleterre au bout de cent quarante-sept jours, n'avoit varié que d'une minute cinquante-quatre secondes. Un demi-degré répond à deux minutes de tems; l'horloge, sans qu'on y eût touché, & par sa seule régularité, donnoit donc, après cinq mois la longitude à moins d'un demi-degré près, Harrison avoit rempli les conditions, & mérité le prix. Cependant l'épreuve ne parut pas assez complette, on en exigea

(*a*) Philippe III est le premier qui ait proposé des prix pour la longitude. M. de la Lande, Astron. Tome III, p. 773.

(*b*) M. le Duc d'Orléans, Régent de France, avoit promis, dit-on 100000 liv. M. de la Lande Astron. Tom. III. p. 773. Il en est question dans l'Histoire de l'Académie, 1722, p. 102.

une nouvelle : la montre fut reportée en Amérique en 1764, & rapportée en Angleterre après cent cinquante-six jours; elle n'avoit varié, au plus & à la rigueur, que de cinquante-quatre secondes. Le Parlement fit donner à Harrison dix mille livres sterling, c'est-à-dire, la moitié de la récompense promise; on remit l'autre au tems où Harrison auroit rendu l'explication de son méchanisme assez simple pour que ces horloges pussent être facilement imitées. Cette condition n'étoit point dans l'acte de 1714; mais le besoin public, qui avoit dicté cet acte, demande que les horloges marines puissent devenir vulgaires. Au reste l'Angleterre, ni l'Europe, ne peuvent refuser à Harrison la gloire entière d'une invention, aussi difficile qu'elle est utile & mémorable (*a*). Long-tems avant que la découverte & les principes d'Harrison eussent été connus, deux artistes célebres, MM. le Roi & Berthoud se sont occupés de l'invention & de la construction des montres marines : M. le Roi a remporté le prix proposé sur cet objet par l'Académie des Sciences de Paris; M. Berthoud, sans avoir concouru, a obtenu les mêmes succès dans les longues épreuves qui ont été faites sur mer (*b*). Il résulte de ces épreuves que les horloges marines de M. Berthoud & de M. le Roi peuvent donner la longitude à moins d'un demi-degré près, dans l'intervalle de six semaines (*c*).

(*a*) Depuis, on a remis cette montre à M. Maskelyne pour en examiner la marche dans son observatoire. Il déclare, dans un écrit où il rend compte de cet examen, que la montre ne peut donner que la précision d'un degré en six semaines, & celle d'un demi-degré en quinze jours; (*V. Principes de la montre* de M. Harrison. Les épreuves de mer paroissoient promettre davantage; les montres françoises ont donné mieux.

(*b*) Celles de M. le Roi ont été éprouvées 1°. dans un voyage en Hollande, fait en 1767 par M. le Marquis de Courtenvaux, sur une frégate construite à ses frais; 2°. dans un voyage fait en 1768 à l'île de St Pierre, près le banc de Terre-Neuve, par M. Cassini le fils. Celles de M. Berthoud ont été éprouvées dans un voyage fait en 1768 & 1769 par M. de Fleurieu, Capitaine des vaisseaux du Roi. Enfin ces différentes horloges, celle de M. Berthoud & celles de M. le Roi ont été éprouvées dans un voyage fait en 1771 en différentes parties du monde par MM. de Verdun de la Crene, le Chevalier de Borda & Pingré.

(*c*) Voyages de MM. de Verdun, de Borda & Pingré, Tome II, p. 373 & suiv.

Plusieurs

Plusieurs de ces horloges ont donné beaucoup mieux, même dans un intervalle plus long; mais dans cette estimation des erreurs possibles, nous avons moins en vue ce qu'on a obtenu dans certaines circonstances, que ce dont on peut être sûr dans tous les cas. Nos artistes ont donc atteint le même but qu'Harrison avec leurs principes, avec leurs propres moyens, & sans avoir connu les siens. Harrison, justement célebre, est le premier qui ait publié cette grande découverte; ses rivaux ne peuvent lui contester la priorité & les honneurs qui y sont attachés : mais ils ont, comme lui, le mérite de l'invention, & ils auront, comme lui, l'avantage d'être utiles à leur patrie & à l'Europe.

Mais quelle que soit l'utilité de ces horloges, il faut en user avec prudence, & ne les pas regarder comme un moyen unique : il peut arriver des accidens qui dérangent ces machines; d'ailleurs celles qui sont construites avec le plus de soin, qui sont les plus sûres par leurs principes, sont toujours sujettes à quelque irrégularité dans leur marche. Ces irrégularités s'accumulent avec le tems, & peuvent produire des erreurs plus ou moins considérables. La sûreté des vaisseaux & des équipages demande que l'on emploie & les horloges, & les méthodes astronomiques; celles-ci, pour les voyages de long cours; celles-là, pour les petites traversées & pour les détails de la route. Les observations fixeront des époques dans la durée d'un grand voyage, & elles veilleront sur la fidélité des horloges.

On doit encore aux Anglois les instrumens propres à observer sur mer, tels que le quartier anglois & l'octant inventé par Hadley (*a*). Ces instrumens, sur-tout le dernier, sont excel-

(*a*) Il paroît que Newton avoit eu l'idée de cet instrument. On a trouvé à la mort

lens; ils servent à prendre les hauteurs des astres. L'observateur, placé sur un sol toujours agité, doit employer d'autres méthodes que celles dont il se sert dans un observatoire, & lorsque son pied repose sur le sol même de la terre : ici obligé, pour trouver l'équilibre, de se mouvoir lui-même sans cesse avec le vaisseau balancé, l'astre & l'horizon lui échappent sans cesse; il perdroit l'un en cherchant l'autre. Le principe de ces instrumens est de montrer à la fois l'astre & l'horizon, de réunir leurs images ou directes, ou réfléchies; alors la hauteur de l'astre est mesurée sur l'instrument par l'angle que forment le rayon de lumière venu de l'astre, & le rayon visuel, toujours dirigé à l'horizon; cette coincidence de l'image de l'astre, ramenée à l'horizon, avec l'horizon même, est plus aisée à déterminer exactement. On peut la chercher, on peut s'y reprendre, jusqu'à ce qu'on l'ait trouvée; & lorsqu'une fois elle est atteinte, l'alidade marque la hauteur de l'astre sur le limbe de l'instrument. Ces inventions utiles à la navigation & au commerce, devoient naître en Angleterre; c'est le besoin & l'industrie qui produisent les efforts heureux : rien n'a manqué aux Anglois, ni le besoin qui sollicite, ni le génie qui accorde; aussi ont-ils porté au plus haut degré l'art de la navigation.

Si la perfection des instrumens pour mesurer le tems & l'espace, est un des moyens de l'Astronomie, elle s'enrichit encore des progrès de la science de l'optique, qui prolonge notre vue, ou la rend plus distincte; science, qui, soit qu'elle

de Halley un dessein, un papier de Newton, qui renfermoit le projet d'un instrument pour mesurer sur mer la distance de la lune aux étoiles; c'est un miroir placé devant la lunette, & incliné de quarante-cinq degrés à son axe : une alidade porte un autre miroir; on fait coincider l'image directe d'un des astres avec l'image réfléchie de l'autre (*Transactions philosophiques* 1742, n°. 465.)

étende la ſphère de cet organe, ſoit que dans la même ſphère elle lui donne une plus grande puiſſance, rapproche les objets, ou nous les ſoumet davantage, & nous met à portée de les détailler & de les connoître. Les lunettes, cette magnifique invention du ſiecle dernier, avoit tout à coup été portée à ſa perfection : Campani a fait les verres les plus forts que l'art ait encore entrepris ; ces verres forts exigent de longues lunettes dont l'uſage eſt embarraſſant. On ne pourroit produire le même effet ſur des objectifs d'un foyer plus court, qu'en employant des oculaires ou des microſcopes plus puiſſans ; alors la lumière s'affoiblit ou s'éteint. Si l'on augmente les ouvertures pour laiſſer paſſer plus de lumière, l'effet du priſme ſe montre, les images ſe colorent, deviennent confuſes. Cette aberration qui naît de la différente réfrangibilité des rayons diverſement colorés, a paru une difficulté & une barrière inſurmontable à Newton lui-même : il ne ſe heurta point contre l'obſtacle qu'il crut éternel, & il inventa le téleſcope de réflexion (*a*). Mais lorſqu'on a voulu faire uſage de verres & de lunettes fondés ſur la réfraction des rayons, il a fallu ſe déterminer à établir des proportions entre les ouvertures des lunettes, le groſſiſſement des microſcopes ou oculaires, la longueur des tubes ; ces proportions étoient les limites de l'art.

Les choſes en ſont reſtées à ce point juſqu'en 1747, que M. Euler fit une application heureuſe de la géométrie à la phyſique, en imaginant de compoſer des objectifs de deux lentilles de verre, qui renfermoient de l'eau entr'elles (*b*) ; les rayons de lumière devoient donc paſſer à travers deux matières différentes, le verre & l'eau. La réfringence de ces matières n'eſt pas la même ;

(*a*) *Suprà*, Tome II, p. 99, 254, 568.

(*b*) Hook eut auſſi l'idée d'introduire des liqueurs dans les objectifs, mais dans des vues différentes ; c'étoit pour alonger le foyer. *Suprà* Tome II, p. 256.

M. Euler ſuppoſa qu'elles n'avoient pas non plus la même puiſſance pour décompoſer le rayon & ſéparer les couleurs. En oppoſant ces effets, on pouvoit les détruire l'un par l'autre; on pouvoit rendre au rayon coloré ce mélange exact, cette union qui fait la blancheur de la lumière. M. Euler y parvint au moyen d'une hypothèſe, ſur les qualités réfringentes des matières, relativement aux couleurs; & il en déduiſit, par une analyſe ingénieuſe, les courbures que l'on devoit donner aux verres, & les dimenſions des téleſcopes. M. Dollond, ſavant opticien Anglois, homme de génie, s'empara de ces formules, y appliqua les loix de la réfraction, telles que Newton les avoit données, & il en tira une conſéquence fâcheuſe pour cette grande & intéreſſante découverte, c'eſt que la réunion des rayons de différentes couleurs ne devoit ſe faire qu'à une diſtance infinie (*a*). L'expérience de Newton montroit qu'on ne pouvoit détruire la diſperſion des rayons qu'en détruiſant la réfraction même, & dans le cas où les rayons, après avoir traverſé les deux matières, en ſortiroient comme ils étoient entrés : l'effet des courbures, qui tend à les raſſembler, devenoit nul; étant entrés paralleles, ils ſortoient paralleles, & ne pouvoient jamais ſe réunir. Voilà pourquoi la géométrie aſſignoit leur réunion à une diſtance infinie & inacceſſible; ainſi toute la théorie de M. Euler étoit ſans uſage. Ce grand Géometre oppoſoit une excellente raiſon métaphyſique, une raiſon qui même l'avoit conduit à ces eſſais (*b*); c'eſt que notre œil eſt compoſé de matières différemment réfringentes, & que l'aberration n'y a pas lieu, quoique les images aggrandies ſoient reçues au fond de l'œil à une très-petite diſtance. Une ſeule humeur auroit ſuffi à la repréſentation de l'objet; s'il y

(*a*) Tranſ. philoſ. 1753, p. 289.

(*b*) Mém. Acad. Berlin, Tome III.

en a plusieurs, c'est sans doute pour remédier à la dispersion des couleurs. Ce que la nature a fait dans les télescopes qu'elle a donnés à l'homme, l'art peut l'imiter; il doit être possible d'anéantir l'effet de la diverse réfrangibilité des rayons par un juste arrangement de plusieurs milieux transparens (*a*). Ce raisonnement étoit spécieux; mais comment détruire une expérience par un raisonnement? M. Dollond opposoit toujours le nom & l'autorité de Newton.

Ces difficultés avoient tout arrêté jusqu'en 1755, que M. Klingentierna, Géometre Suédois, écrivit à M. Dollond; il lui donna des raisons si fortes de douter de l'expérience de Newton, que M. Dollond la recommença & fut bien étonné de la trouver fausse. En regardant les objets à travers un prisme formé de verre & d'eau, & dont les dimensions soient propres à détruire l'effet de la réfraction, ces objets doivent paroître à la même hauteur, &, selon Newton, ils devoient être sans couleurs. M. Dollond les trouva colorés: le prisme, qui n'altéroit point la situation & la hauteur, laissoit voir les couleurs; un autre prisme combiné pour détruire les couleurs, changeoit la situation & la hauteur. La réfringence agissoit donc différemment sur les rayons colorés, & sur le rayon composé qui forme la lumière blanche; on pouvoit donc détruire la réfrangibilité sans détruire la réfraction. M. Dollond reprit la théorie de M. Euler; mais en employant les objectifs de verre & d'eau, il découvrit un nouvel inconvénient, c'est qu'il falloit donner au verre des courbures si considérables, qu'elles produisoient une très-grande aberration de sphéricité (*b*). Cet inconvénient sembloit devoir faire abandonner une seconde fois l'invention de M. Euler; mais ce sont les difficultés qui nous font connoître

(*a*) Transact. Phil. 1753. p. 293.

(*b*) *Suprà*, Tome II, p. 199 & 253.

nos forces. M. Dollond conçut l'idée heureuſe de n'employer que des verres de réfringence différente; il en choiſit deux, le verre nommé crown-glass, qui eſt en tout ſemblable à celui de nos manufactures, & le flint-glass, qui eſt un verre plus composé, où il entre du plomb, & qui ayant plus de poids & de denſité, a plus de pouvoir réfringent. On peut oppoſer ces verres l'un à l'autre, & faire diſparoître les couleurs, en conſervant la différence de leurs réfractions.

M. Dollond, aidé des connoiſſances de la théorie, & en tâtonnant dans la pratique par différens eſſais, réuſſit à détruire ſenſiblement l'aberration de la réfrangibilité. L'obſtacle, qui arrêta Newton, n'exiſte plus; la lumière, qui paſſe dans nos téleſcopes, arrive à notre œil ſans couleurs ſenſibles. On eſt débarraſſé de ces iris incommodes, qui empêchoient de multiplier la lumière: avec une ouverture & une lumière augmentées, on peut employer des oculaires ou des microſcopes plus puiſſans; comme les verres ſont plus parfaits, comme la réunion des rayons eſt plus exacte, on peut groſſir beaucoup l'image des objets, ſans craindre d'amplifier les défauts. M. Dollond conſtruiſit en conſéquence des lunettes de cinq pieds, qui faiſoient autant d'effet que des lunettes de quinze; ces verres, ces lunettes furent nommées achromatiques (*a*). C'eſt alors, & en 1761, que M. Clairaut y appliqua le calcul, & déduiſit de la différente réfringence des deux verres, quelles doivent être les courbures de ces verres pour détruire l'aberration de réfrangibilité. M. d'Alembert s'en occupa de ſon côté, & ces progrès de l'optique donnerent les plus grandes eſpérances. M. Antheaume, Phyſicien déjà connu, travailla lui-même un objectif de ſept pieds, qui faiſoit plus d'effet que celui de trente-quatre pieds

(*a*) χρῶμα en grec ſignifie *couleur*, & précédé de l'α privatif, il ſignifie *ſans couleur*.

de Campani. M. Dollond le fils, en 1765, perfectionna encore l'invention de son pere, en combinant deux lentilles concaves de crown-glass avec une seule convexe de flint-glass; l'aberration de sphéricité mieux détruite par cette addition d'une troisieme lentille, lui permit de donner des ouvertures plus grandes à ses lunettes. Il en fit une de cinq pieds de cette espece, c'est-à-dire, ave cun objectif composé de trois lentilles, qui portoit trois pouces neuf lignes d'ouverture; puis enfin une autre de trois pieds, qui avoit une ouverture égale (*a*). Cette courte lunette faisoit à peu-près l'effet d'une de quarante ou quarante-cinq pieds construite sur les anciens principes. Enfin M. Jeaurat a fait un travail utile pour les artistes: par le moyen de deux morceaux, l'un de verre commun, l'autre de flint-glass, collés ensemble & travaillés dans le même bassin, il a pu mesurer la réfraction de ces matières par la différence des foyers; ensuite en interposant tantôt un verre rouge tantôt un verre violet, il a pu déterminer les foyers de ces différentes couleurs, & connoître par conséquent leur dispersion. Avec ces données, & par le calcul trigonométrique, il a trouvé les courbures qu'il falloit donner aux différens verres, & il en a dressé des Tables qui peuvent servir de guide aux opticiens.

Un champ vaste sembloit s'offrir aux progrès de l'art; on croyoit alors qu'une lunette de six ou sept pieds égaleroit ces grands objectifs de cent & de cent vingt pieds, si incommodes dans l'usage, qui opposoient tant de difficultés & de fatigues aux recherches de la curiosité. L'espérance alloit même plus loin: ces verres de cent pieds ne grossissoient peut-être que deux ou trois cent fois les objets, & puisqu'on étoit libre d'ag-

---

(*a*) Transac. philos. 1765, p. 55.

grandir les ouvertures, l'art pouvoit parvenir à tailler un objectif d'un pied de diametre, qui avec un foyer de douze à quinze pieds, auroit pu grossir six cent fois & plus. Savoit-on même tout ce qu'on pouvoit faire? L'esprit humain arrivé à sa perfection actuelle, en ajoutant des moyens à des moyens, des progrès à des progrès, ne s'impose point de bornes à lui-même, il attend celles de la nature, qu'il ne rencontre que trop souvent. On espéroit que ces nouveaux instrumens découvriroient un ciel nouveau : on devoit voir infiniment mieux les astres que nous connoissons; d'ailleurs l'univers peut avoir d'autres astres, qui, comme les satellites de Jupiter & de Saturne, long-tems inconnus, n'attendent, pour se montrer, que des organes assez fins & assez puissans pour les atteindre; cette espérance flatteuse a été trompée. MM. Dollond joignent jusqu'ici à la gloire de l'invention celle d'avoir atteint tout d'un coup les limites de l'art. Ces progrès si heureux, si étonnans, n'ont point été suivis des progrès qu'ils sembloient annoncer; il n'en a résulté pour les Astronômes que la commodité de substituer, sans rien perdre sur l'effet, une courte lunette à une lunette longue & incommode. L'obstacle, qui a arrêté tant de progrès, est la difficulté d'avoir du flint-glass qui soit propre à cet usage. Il faut qu'il soit d'une transparence parfaite, & partout égale; cette transparence dépend du mélange intime des matières qui le composent, & ce mélange paroît très-difficile à obtenir. Un particulier (*a*) zélé pour les arts, a proposé un prix au jugement de l'Académie des sciences, pour celui qui réussiroit à faire de cette espece de verre. Une des pieces du concours a été couronnée; cependant nous n'avons point encore de flint-glass. Il paroit même que les Anglois

(*a*) Feu M. Trudaine de Montigny.

n'en

n'en ont guères d'excellent que par hasard. C'est dans plusieurs tables de ce verre, & encore à peine dans une de ces tables, que l'on peut choisir & couper un petit morceau pour en faire un objectif d'une médiocre étendue. On conçoit combien les opticiens doivent être gênés dans leurs efforts. Il faudroit pour la composition de ce verre, une recette sûre, facile, qui pût réussir en grand, & toujours. C'est ici la chimie qui manque à l'optique & à l'Astronomie; cette science est si cultivée aujourd'hui, qu'elle aura sans doute des progrès pour satisfaire à ce qu'on lui demande. La matière est assez importante pour mériter un prix considérable; c'est aux nations, aux Princes, aux amateurs riches à le proposer. Il ne s'agit pas moins que d'augmenter, presque à volonté, la sphère d'un de nos sens, d'étendre notre empire sur la nature; & peut-être de faire paroître à nos yeux des choses & des phénomènes inconnus depuis l'existence du monde. Les richesses seront noblement employées à acquérir ce pouvoir sur la nature; l'argent ne sert au riche qu'à acheter des jouissances passagères, celle que nous indiquons lui sera commune avec la postérité. Le ciel dont il aura reculé les limites, le ciel où il aura lu, restera ouvert, pour que les générations y lisent; au lieu du luxe périssable dont il s'entoure, il laissera un héritage éternel & un monument de gloire pour l'espece humaine.

Voilà ce qu'on a fait pour mesurer le tems à la mer, pour chercher à étendre la vue dans l'espace; mais les moyens de mesurer l'espace même, & jusques dans ses plus petites parties, ont reçu de nos jours une grande perfection. Les instrumens ont été revêtus de toutes les commodités, qui facilitent l'observation; l'art de les diviser a été porté au plus haut degré. Nous ne parlons point de chacun de ces progrès en particulier, mais nous devons présenter une idée de deux instrumens ingé-

nieux, dont l'un a déjà donné des moyens à l'Astronomie, & l'autre lui donne des espérances ; le premier est l'héliomètre de M. Bouguer, & le second le micromètre de M. l'abbé Rochon. M. Bouguer porta souvent dans la pratique des observations le génie qu'il avoit pour les expériences nouvelles ; il inventa l'héliomètre pour mesurer le diametre du soleil. Dans le méridien, où cet astre cesse de s'élever, le micromètre ordinaire avec ses fils mobiles, peut saisir facilement les deux extrémités du diametre vertical ; mais il n'en est pas de même du diametre horizontal. Le soleil passe dans la lunette avec assez de vîtesse ; le fil qu'on a placé sur un bord, n'y est déjà plus, lorsqu'on pose le second fil sur l'autre bord. M. Bouguer vouloit cependant mesurer le diametre horizontal, pour le comparer au diametre vertical, & pour décider si le soleil avoit un applatissement sensible (*a*). Il opposoit toujours un moyen à une difficulté ; voici ce qu'il imagina en 1748 (*b*). Jadis on avoit un instrument appelé binocle, l'instrument des deux yeux, parce que deux lunettes placées à côté l'une de l'autre, permettoient de considérer le même objet des deux yeux (*c*). Cette idée conduisit M. Bouguer à celle d'un instrument d'une espece bien différente ; il lui donna deux objectifs placés près l'un de l'autre dans un même tuyau. Avec un seul oculaire, l'œil pouvoit regarder la double image formée aux foyers de ces objectifs ; les deux images sont vues à côté l'une de l'autre & éloignées entr'elles de la même distance que les centres ou les points milieux des objectifs. Si cette distance forme, par exemple, au foyer un angle de trente minutes, à peu-près égale au diametre du soleil, on verra deux disques de

(*a*) *Suprà*, p. 55.

(*b*) Mem. Acad. des Sci. 1748, p. 11.

(*c*) *Suprà* Astron. moderne, Tome II, p. 139.

cet astre qui se toucheront, lorsque le diametre sera précisément de trente minutes. Lorsque le diametre sera plus grand, les images anticiperont un peu l'une sur l'autre; lorsqu'il sera plus petit, elles seront un peu séparées. En rendant les objectifs mobiles, capables de s'approcher, de s'éloigner mutuellement, on pourra rapprocher ou éloigner également les images & les disposer de manière qu'elles se touchent exactement. On sent que la distance des objectifs & la quantité du mouvement qu'on leur donne, peuvent être marquées par un index, ou mesurées par un micrometre ordinaire; mais cette distance est la même que celle des centres des deux images, qui est égale au diametre du soleil. Cette mesure, objet principal de l'instrument, lui a fait donner le nom d'héliometre. Remarquons qu'ici le point essentiel de l'observation est l'attouchement des deux images; cet attouchement a lieu entre un bord du soleil, l'oriental, par exemple, & le bord opposé, ou l'occidental. Il n'est donc nécessaire que de voir à la fois les deux extrémités du diametre; toute la partie intermédiaire est inutile. Jadis on ne pouvoit employer ni de forts objectifs, ni de longues lunettes pour cette observation des diametres. La nécessité de voir tout le disque du soleil forçoit de renoncer à une certaine précision; une lunette qui grossissoit beaucoup, ne pouvoit le contenir entier. L'héliometre peut être formé des verres les plus forts, ce dont on a besoin viendra toujours s'y peindre; les deux objectifs vont chercher les extrémités opposées du diametre solaire, pour les ramener & les forcer de se toucher au centre de la lunette. On voit qu'il ne faut pas beaucoup d'espace pour cet attouchement: on peut avoir la précision qu'on voudra; il ne s'agit que d'employer des objectifs d'un foyer plus long, & d'augmenter le grossissement. En rendant les objectifs tout-à-fait mobiles, on peut mesurer les médiocres

diſtances des étoiles entr'elles & au bord de la Lune, les diſtances des ſatellites de Jupiter & de Saturne à leur planete principale, &c.; nous expliquerons bientôt cet uſage. MM Short & Dollond conſtruiſirent cet inſtrument, & en attribuerent l'invention à M. Savery; on voit en effet par les regiſtres de la Société royale de Londres, qu'à la date du 27 Octobre 1743, M. Savery avoit eu l'idée de l'héliometre (*a*). Mais cette idée, qui étoit reſtée ſans exécution, n'ôte rien à l'invention de M. Bouguer (*b*): c'eſt lui qui en a ſenti l'utilité; c'eſt lui qui a fait reſſouvenir de Savery. Il en a été de même du micrometre d'Auzout, comme l'a remarqué M. de la Lande (*c*). M. Dollond fit quelque choſe de plus utile que de revendiquer l'invention de l'héliometre, il le perfectionna ſous le nom de micrometre objectif (*d*): il ôta à l'inſtrument le privilége de former une double image d'un même objet, en lui conſervant celui de réunir les images différentes de deux objets; il le compoſa de deux moitiés d'objectifs parfaitement ſemblables, & qui avoient un même foyer. Elles étoient capables de ſe joindre contiguëment pour former un objectif entier, ou de s'éloigner jusqu'à une médiocre diſtance. Quand elles ſont jointes, elles donnent une ſeule image d'un objet comme un objectif ordinaire; mais ſi ces deux moitiés mobiles ſont écartées d'une quantité égale à la diſtance de deux objets, ces deux objets ſe peindront au même point, & leurs images

(*a*) Tranſactions philoſ. Tome XLVIII, p. 551.

(*b*) On trouve encore dans les tranſactions philoſophiques une annonce du docteur Hook, où il dit qu'il a deux ou trois différentes manières de meſurer les diametres des planetes à la préciſion d'une ſeconde, ainſi que les diſtances des étoiles & des planetes entr'elles, pourvu que ces diſtances n'excedent pas deux degrés (*Tranſ.* 1667, n°. 25). L'inſtrument de M. Bouguer remplit cette annonce, & eſt ſujet à cette limitation; mais ce paſſage ne renferme rien qui puiſſe diriger les idées & conduire à l'invention.

(*c*) Aſtron. Tome II, p. 813.

(*d*) Tranſ. philoſ. Tome XLVIII. I^{re}. P. p. 178; II^e. P. p. 551.

seront confondues en une seule. Lorsqu'avec le micrometre objectif, on veut donc mesurer la distance des deux bords du Soleil, celle de deux étoiles, ou celle d'un satellite au bord de Jupiter, on fait mouvoir les deux moitiés d'objectifs, jusqu'à ce qu'on voie au centre de la lunette les deux bords du Soleil se toucher, les deux étoiles se poser l'une sur l'autre, & le satellite adhérer au bord de Jupiter. Alors l'écartement des objectifs, mesuré par un micrometre ordinaire, donne la distance des deux objets. Cet instrument est borné à de petites distances, comme de trois à quatre degrés au plus, & la raison en est simple; lorsque les objectifs s'écartent trop dans la rainure circulaire qui leur est pratiquée, ils se présentent obliquement aux rayons, qui se réunissent mal & confusément au foyer. Il en résulteroit une déformation semblable à celle qui auroit lieu, si l'étendue des objectifs embrassoit une courbure du même nombre de degrés; ce seroit une véritable aberration de sphéricité (*a*). Mais l'instrument ainsi limité, & tel qu'il a été inventé par M. Bouguer, ou perfectionné par M. Dollond, est capable de donner une mesure très-exacte des petites distances; c'est un de ces présens que les siecles & le génie font aux sciences pour accélérer leurs progrès.

Le micrometre de M. l'abbé Rochon est fondé sur une application ingénieuse. Le cristal d'Islande, & même le cristal de roche (*b*), par une bizarrerie encore inexplicable, ont la propriété singulière de décomposer le rayon lumineux, & de donner deux images d'un même objet. M. l'abbé Rochon a formé deux prismes semblables de ce cristal; ils lui servent à doubler la distance des deux images, ou à la détruire. En effet

(*a*) *Suprà*, Tome II. pages 669, & 255.

(*b*) M. l'abbé Rochon a reconnu que beaucoup d'autres substances transparentes avoient également, dans certaines circonstances, cette propriété remarquable.

lorſque les deux priſmes égaux ſont accolés, de manière que leurs ſommets ſe touchent, le rayon de lumière qui les traverſe ſouffre ſucceſſivement deux réfractions pareilles, & les deux images paroiſſent à une diſtance double. Quand au contraire les deux priſmes ſont oppoſés, que le ſommet de l'un touche à la baſe de l'autre, les effets ſont également oppoſés; la réfraction de l'un eſt détruite par la réfraction de l'autre; le rayon n'eſt plus décompoſé, & l'on ne voit qu'une image. Pour opérer ce changement, il ſuffit de faire mouvoir circulairement un priſme ſur l'autre, qui parcourra le demi-cercle entier, ou 180°, pour paſſer d'une réfraction double à une réfraction nulle. On conçoit qu'à meſure que le priſme parcourt ces 180°, la réfraction diminue graduellement avant de s'anéantir; cette diminution ſuit la raiſon des co-ſinus des angles depuis 0 juſqu'à 180 degrés. Cette double réfraction eſt d'environ dix-huit minutes (*a*). M. l'abbé Rochon a imaginé qu'elle pourroit ſervir à meſurer les diſtances reſpectives des aſtres, qui ſeroient au-deſſous de dix-huit minutes. Voici comment on peut concevoir ſa méthode : ſuppoſons que les deux priſmes ſoient accolés, de manière que leurs ſommets ſoient joints, ainſi que leurs baſes, ils donneront une réfraction double; une étoile, un objet vu à travers, offrira deux images éloignées l'une de l'autre de dix-huit minutes. Suppoſons qu'à côté de la première étoile il y en ait une ſeconde, à une diſtance que l'on veut meſurer, mais que nous évaluerons d'avance à $4' \frac{1}{2}$, cette ſeconde étoile aura auſſi ſa double image. On verra donc quatre étoiles, ſavoir, la première, puis la

(*a*) M. l'abbé Rochon avoit trouvé cette quantité de dix-huit minutes par ſes premiers Eſſais : il a trouvé qu'elle varie, & ſuivant les ſubſtances, comme cela eſt naturel, & ſuivant l'angle du priſme qui en eſt formé. L'écartement des deux images peut même ſurpaſſer un degré.

seconde éloignée de 4′½, puis la double image de la première, éloignée de 18′, puis enfin la double image de la seconde étoile, éloignée de l'autre de 18′, mais éloignée de 22′½ de la première étoile. Alors si l'on fait mouvoir circulairement le prisme, comme la réfraction diminue en conséquence, chaque double image se rapprochera de sa compagne; celle de la premiere étoile, d'abord éloignée de 18′, ne le sera plus successivement que de quinze, de douze, de neuf. On voit qu'elle se rapproche toujours de l'image de la seconde étoile, qui n'est éloignée que de 4′½; & lorsque le prisme aura parcouru 120°, n'étant plus éloignée que de 4′½, elle se confondra avec l'image de la seconde étoile, & l'on ne verra plus que trois images. A ce moment l'observation est faite; si nous avions ignoré la distance des deux étoiles, voici comment nous aurions raisonné. Le prisme a parcouru 120°, c'est-à-dire, les deux tiers du demi-cercle, la réfraction, suivant la raison des co-sinus, a dû perdre les trois quarts de sa quantité : elle est donc réduite de 18′ à 4½; & comme alors la double image de la première étoile s'est confondue avec l'image de la seconde, ce qui reste de la réfraction, ce qui reste de chemin à cette double image pour se rejoindre à sa compagne, est la distance mutuelle de ces deux étoiles.

Nous n'avons parlé que de deux images pour chaque objet; il y en a réellement quatre, parce que chacun des prismes accolés en donne deux: mais on n'en doit considérer que deux, & les deux autres ne sont utiles que pour servir de vérification. Cependant ces huit images pour deux objets, causent quelque embarras, & pourroient faire confusion. M. l'abbé Rochon a imaginé une autre disposition, qui n'a pas le même inconvénient. Il place dans l'intérieur d'une lunette un prisme formé d'une des substances capables de décomposer le rayon lumi-

neux, & de produire deux images dont l'écartement, toujours constant, est connu par l'expérience; nous le supposons encore de 18′: ce prisme, au moyen d'un méchanisme facile à imaginer, peut se mouvoir le long de l'axe de la lunette, depuis l'objectif jusqu'à l'oculaire. Cela posé, on conçoit que, comme le rayon ne se partage en deux, pour former deux images, qu'au sortir du prisme, l'écartement de ces deux images sera d'autant plus grand, qu'on le considérera à une plus grande distance du prisme; en sorte que si ce prisme est appliqué contre l'objectif, l'œil placé à l'oculaire verra les deux images fort éloignées. Mais si on amene le prisme près de l'oculaire, l'œil recevra le rayon au moment de sa sortie, au moment où il se divise pour former deux images; & comme leur écartement est encore insensible, il n'en verra qu'une. Dans le premier cas, les images paroissent à une distance mesurée par un angle de 18′: dans le second, elles se confondent; & ce changement est produit par la marche du prisme le long de l'axe de la lunette, qui peut être longue de dix-huit pieds. Il faudra donc faire mouvoir le prisme d'un pied pour changer la réfraction d'une minute. Comme il n'y a qu'un prisme, chaque objet n'aura que deux images: deux objets en produiront quatre; & lorsque, par une opération semblable à la précédente, on aura réduit ces quatre images à trois, le micrometre destiné à mesurer le mouvement du prisme dans la lunette, mesurera aussi l'écartement des images, & la distance des deux objets qu'on a rendue égale à cet écartement. M. l'abbé Rochon a fait usage de cet instrument pour mesurer les diametres des petites planetes, les distances des satellites aux bords du disque de Jupiter ou de Saturne; on en trouvera les détails dans les Mémoires de l'Académie. Mais on voit qu'une petite distance est mesurée par un grand mouvement

du

du prisme ; les plus petites parties de cette distance répondent donc à des espaces très-sensibles de ce mouvement, & peuvent être mesurées avec exactitude. M. l'abbé Rochon a imaginé des dispositions encore plus avantageuses. L'écartement des images dépend de l'angle du prisme ; il est le maître de réduire cet écartement à une minute : & si le prisme est appliqué à une lunette de vingt pieds, il faudra qu'il parcoure ces vingt pieds pour que les deux images éloignées d'une minute viennent à se confondre ; un espace de quatre pouces sera parcouru pour un changement d'une seconde. Cette disposition a été destinée à la détermination du diametre des petites planetes ; & il est facile de voir que cet instrument, borné à de petites distances, doit les mesurer avec une précision plus grande que l'héliomètre de M. Bouguer.

On a inventé, depuis peu d'années, une lunette à double image, qui paroît offrir des avantages pour l'observation. M. Jeaurat a pensé que si l'on pouvoit faire une lunette qui donnât deux images, l'une droite & l'autre renversée, on pourroit observer directement l'instant où le centre d'une planete passe au méridien ou au fil horaire ; il a communiqué son idée à M. Navarre, opticien connu, qui a imaginé la construction suivante. L'objectif de cette lunette est composé de deux parties contiguës ; l'une, qui est comme un objectif d'un moindre diametre ; l'autre, formée en zone circulaire, entoure ce premier objectif. Les surfaces de ce premier objectif & de cette zone ont des courbures particulières & des foyers différens : la zone a un foyer plus long où se peint une image renversée ; l'objectif intérieur a un foyer plus court, mais on place sur la route des rayons un second verre qui les redresse & les réunit au foyer même de la zone. Alors il s'y peint en même tems une image droite & une image renver-

ſée du même objet. Si, par exemple, on obſerve le ſoleil avec cette lunette, on voit entrer à la fois deux images de cet aſtre, l'une par la droite, l'autre par la gauche. Elles s'avancent l'une vers l'autre avec une double vîteſſe; l'attouchement qui ſe fait au centre eſt d'autant plus prompt. L'inſtant du paſſage de l'aſtre au centre de la lunette eſt l'inſtant où les deux images ſont entiérement l'une ſur l'autre; & ſi l'axe de la lunette eſt préciſément dans le méridien, on obſervera directement le paſſage du centre, ce qui n'a jamais été fait. Lorſque l'aſtre obſervé eſt une étoile, on eſt diſpenſé d'éclairer les fils, parce qu'il ne s'agit que de ſaiſir l'inſtant où les deux images de l'étoile ſont préciſément l'une ſur l'autre.

Après avoir raconté ces découvertes & ces inventions, nous devons conſidérer une partie de l'Aſtronomie, qui demande les travaux conſtans des Aſtronômes : c'eſt la connoiſſance des moyens mouvemens des aſtres, & celle de la poſition & des dimenſions des orbites; c'eſt cette partie qui ſans ceſſe eſt recommencée, & toujours pour ſe perfectionner. La détermination de pluſieurs de ces élémens eſt difficile. L'exactitude dépend d'une longue ſuite de recherches; chaque ſiecle doit les renouveler pour y employer les nouveaux moyens de perfection: pluſieurs de ces élémens changent; il faut apprécier ces changemens & en tenir compte. Cette partie fondamentale de l'Aſtronome a été cultivée avec zele dans l'intervalle que nous venons de parcourir.

Les théories de toutes les planetes ont été fixées & renouvelées en Europe, il y a un ſiecle, par Dominique Caſſini & par Halley, comme elles l'avoient été jadis en Egypte par Hypparque & par Ptolémée; mais le tems avoit déjà ôté aux modernes quelque choſe de la perfection que les anciens ont entiérement perdue. M. de la Caille établit de nouveau la

théorie du ſoleil la baſe de toutes les autres. MM. Caſſini, de Liſle, le Monnier, le Gentil, Short, de la Lande s'appliquerent à meſurer ſon diametre. MM. Caſſini, Mayer & de la Lande déterminerent les phénomènes de la rotation du globe du Soleil & du globe lunaire. En attendant de bonnes Tables de la lune, M. le Monnier obſervoit cette planete dans la durée d'une ſare chaldaïque, ſuivant les idées de Halley, pour conſtater les erreurs des Tables & pouvoir les prédire dans les périodes ſuivantes (*a*). Aujourd'hui les tables de la Lune ſont aſſez bonnes pour abandonner cette période dont M. le Gentil a montré l'inſuffiſance (*b*). La théorie de Saturne a été perfectionnée par MM. Caſſini, le Monnier, de la Lande; celle de Jupiter par MM. le Gentil, Jeaurat, Wargentin & Bailly. M. de la Lande a corrigé particuliérement les Tables de Mars, de Vénus & de Mercure; & ſur-tout les dernières, celles de Mercure, qui ayant pour objet une planete difficile à voir, étoient fondées ſur un trop petit nombre d'obſervations. Enfin les lieux des étoiles, qui étant toujours les mêmes, ſemblent plus faciles à déterminer, ont cependant beſoin d'être rectifiés, lorſque les moyens d'obſerver ſe perfectionnent; MM. Caſſini Maraldi, Zanotti, le Monnier, Mayer s'en ſont occupés: mais ſur-tout M. de la Caille, qui a déterminé avec des ſoins extrêmes la poſition des plus belles étoiles du ciel; M. de la Caille, qui ſentoit que le grand Catalogue de Flamſteed étoit aujourd'hui trop peu exact & trop peu étendu, & qui, ſi la mort ne l'eût pas enlevé, ſe propoſoit de faire pour le ciel boréal ce qu'il avoit fait au cap de Bonne-Eſpérance pour le ciel auſtral. M. le Monnier ſuit encore cet object important;

(*a*) *Suprà*, Tome II. p. 635. Tranſ. philoſ. 1692, n°. 194.

(*b*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1756, p. 55.

ses observations, ou publiées, ou manuscrites, contiennent la position d'un grand nombre d'étoiles. Le peu que nous venons de dire appartient à une multitude de travaux : nous regrettons de ne pouvoir en rapporter les détails ; le sujet fournit sans cesse, & l'espace nous manque. Au reste les Astronômes connoissent assez ces détails, & l'homme seulement curieux, qui lit cette Histoire, n'a besoin que de voir les faits en masse.

Tandis que ces travaux s'exécutoient dans le cabinet, les observatoires fournissoient sans cesse de nouvelles observations; elles sont l'aliment de la science, le tems les amene, & la science croît & s'affermit en vieillissant. C'est avec regret que nous sommes bornés à nommer seulement les observateurs, qui se répondent d'un bout de l'Europe à l'autre, à ne pouvoir louer qu'en général leur zele, leur constance, leur art, & pour prévenir les observations, & pour les faire avec adresse, & pour en tirer tout ce que la curiosité humaine en doit apprendre. En Suede MM. Wargentin, Prosperin, Planmann & Melander : à Coppenhague MM. Brugge & Kratzenstein : à Berlin MM. Castillon, Bernoulli, Bode & Shulze : à Pétersbourg M. Rumousky : à la Haie M. Klinkemberg : à Franeker MM. Upey & Vanswinden : à Utrecht M. Hennert : à Bruxelles M. Chevalier : à Vienne MM. Hell, Liesganig & Pilgram : à Cresmunster le P. Filxmiller : à Manheim M. Maier : à Varsovie M. Poczobut : à Goettingue MM. Kæstner & Lichtenberg : à Geneve MM. Mallet, Pictet & Trembley : en Espagne MM. A d'ulloa, Doz, Tofino & Varela : à Lisbonne M. de Barros : en Italie, à Florence le P. Ximenès : à Bologne MM. Cantercani, Zanotti, Mateucci : à Pise M. Slope : à Milan MM. de Cesaris, Reggio & Oriani : à Padouë M. Toaldo : à Turin M. Canonica : à Mexico don Antonio de Alzate : dans l'Amé

rique ſeptentrionale MM. Wintrop, Dixon, Olivier & Willard: en Angleterre & à Londres MM. Maskelyne, Maſon, Wales, Lyons & Aubert: à Oxford M. Hornsby: à Glaſcou M. Wilſon: à Cambridge MM. Dunthorne & Sæpherd: en France & à Paris MM. Maraldi, Fouchi, le Monnier, Caſſini de Thury, la Lande, le Gentil, Pingré, Chabert, Jeaurat, Bory, Meſſier, Caſſini le fils, Rochon, Boſcovich, Vallot, Fleurieu, Mechain, d'Agelet & Bailly: à Rouen MM. Bouin, Dulague: à Limoges M. Montagne: à Montpellier MM. de Ratte & Poitevin: à Touloufe MM. d'Arquier & Garipuy: à Marſeille M. de Silvabelle: à Pekin les PP. Collas & Dolieres.

Mais, s'il nous eſt permis de le dire, les obſervatoires de Paris & de Londres ſont ceux qui ont fourni les Obſervateurs les plus aſſidus & les plus nombreux; le ciel y a toujours eu des témoins. C'eſt là que la ſcience a été vraiment nourrie par une ſuite non interrompue, & par un amas de faits ſans ceſſe accumulés. C'eſt là que depuis plus d'un ſiecle les grandes découvertes ont été faites; les regiſtres de ces Obſervatoires ſont vraiment les regiſtres du ciel. On en a vu ſortir ces grands & magnifiques recueils, où l'Hiſtoire des phénomènes eſt conſignée, & tels que les trois volumes de l'Hiſtoire céleſte de Flamſteed, le volume qui offre les obſervations de M. Maskelyne, ſucceſſeur de Flamſteed & de Halley, l'Hiſtoire céleſte de M. le Monnier. Et c'eſt de là que ſortira encore la ſuite immenſe des obſervations faites à l'Obſervatoire royal de Paris, préſentées en ordre, & avec leurs réſultats; vaſte ouvrage entrepris par M. Caſſini le fils, arrière petit-fils du célebre Dominique, jaloux de la gloire de ſes peres, qui ont le plus contribué à élever cet édifice, & ſurtout curieux, en les imitant, de ſe rendre digne de leur nom.

Telles ſont les principales découvertes, les objets de recherches, les inventions, les travaux par leſquels les Aſtronômes vivans ſe ſont diſtingués, & la ſcience s'eſt avancée depuis cinquante années! Mais dans ſes progrès elle doit beaucoup à la Géométrie, & c'eſt de l'influence de cette dernière ſcience, dont nous allons nous occuper dans le Diſcours ſuivant.

HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS III.

Des Progrès de la Géométrie, & de ſon influence ſur l'Aſtronomie.

LA GÉOMÉTRIE eſt la ſcience de l'étendue & du mouvement, ou ſeulement de l'étendue ; car tout ce qui exiſte dans cet univers, ou à la fois, ou ſucceſſivement, a l'étendue pour caractère de ſon exiſtence. L'eſpace, qui embraſſe tous les points, tous les lieux, toutes les bornes du monde phyſique ; le mouvement, qui parcourt cet eſpace, qui s'y applique, s'y meſure, & ſemble s'y aſſimiler ; le tems marqué par la ſucceſſion des choſes, ſubſiſtant depuis leur commencement juſqu'à leur fin ; le tems qui embraſſe l'univers dans ſes changemens, comme l'eſpace l'enferme dans ſa permanence, tout n'eſt

qu'étendue : étendue physique qui est devant nous, que l'œil peut distinguer & parcourir; étendue intellectuelle que l'homme peut rendre présente à son esprit, & qui n'est apperçue & mesurée que par sa pensée. Voilà l'empire de la Géométrie. C'est alors qu'elle est grande, qu'elle est vaste comme l'univers! Ouvrage miraculeux de la raison humaine, les hommes y ont concentré toutes les idées d'ordre & de rectitude qu'ils ont reçues du ciel : si elle a ses limites, comme l'esprit humain, elle s'est toujours élevée avec lui, & tient de sa hauteur la double immensité, qui, s'applique à tous les tems & à tous les lieux, mesurant également & les espaces de la durée fugitive, & ceux de la matière présente & visible.

La Géométrie ne fut jadis en Egypte que l'art d'arpenter les héritages, & d'en fixer le contour & les limites : elle étoit humble & bornée dans ces commencemens, elle n'avoit rien de grand que son nom. Aussi Platon se moquoit-il de l'orgueil du nom de Géométrie, de mesure de la terre, dans un tems où la terre presque entière étoit inconnue. Bientôt cette science fit des progrès rapides dans les mains de Platon même & des Grecs qu'il enseigna. Elle n'avoit encore considéré que les surfaces, elle s'empara bientôt des trois dimensions de la matière, & les corps furent mesurés; elle ne se borna plus à considérer des lignes droites, & des espaces plans ou solides, bornés par ces lignes simples : des sections du cône naquirent quatre courbes, le cercle, l'ellipse, la parabole & l'hyperbole. Cette considération nouvelle fut un pas marqué de la science. Tandis que la ligne droite s'avance par la voie la plus courte, semble marcher à pas égaux & semblables, dirigés par un dessein constant & vers le même but, la ligne courbe se compose de détours & de sinuosités; sa marche semble contrariée, chaque pli de sa route annonce un changement de dessein & de

de but. Pluſieurs cauſes doivent concourir à ſa formation : on ſent qu'elle doit dépendre d'une loi plus compliquée; cette loi eſt renfermée, exprimée dans quelques propriétés fondamentales. Les Grecs étudierent & découvrirent les propriétés, ou les caractères des quatre courbes que nous venons de nommer. Les plus ſimples de toutes, d'ailleurs les ſeules connues, on les étudia ſans prévoir l'utilité dont elles devoient être un jour. Lorſque l'algebre inventée eût été appliquée à la Géométrie par le génie de Deſcartes; c'eſt-à-dire, lorſque les ſignes abſtraits des nombres eurent été appelés par lui pour repréſenter l'étendue dans ſon enſemble & dans ſes détails, les propriétés qui caractériſent chaque courbe, furent écrites par ces ſignes abſtraits, par les lettres algébriques : on les nomma l'équation de la courbe. Toute équation eſt une égalité; que ſont les propriétés d'une courbe? Une égalité entre les produits ou les combinaiſons de certaines lignes droites renfermées & bornées par cette courbe. Si chaque courbe a ſon équation particulière, chaque équation poſſible, chaque combinaiſon de ces ſignes abſtraits appartient à une courbe différente (*a*). Les courbes ſe multiplierent, & formerent une eſpece d'univers géométrique qui fut ſans bornes. Cette union des deux ſciences, de l'algebre & de la Géométrie, ce bienfait de Deſcartes apporta de grandes reſſources; car des quantités inappréciables en nombre purent être exprimées par des figures géométriques, c'eſt-à-dire, par des lignes & par des ſurfaces. Newton, inventeur du calcul différentiel (*b*), n'acheva point un ouvrage que peut-être aucun homme n'achevera, & laiſſa le calcul intégral imparfait ; beaucoup de ces petites quantités nommées diffé-

(*a*) On doit en excepter les équations entre des quantités conſtantes qui ne peuvent ſe conſtruire que par des figures rectilignes.

(*b*) Nous ne prétendons point par cette expreſſion, ôter à Leibnitz ſes droits à l'invention de ce calcul.

rentielles ne pouvant être ſommées & réformées en quantités entières & finies, donnèrent naiſſance à des courbes d'un genre très-élevé & preſque inacceſſible à nos efforts. On ne put y parvenir que par la voie de l'approximation, ſouvent aſſez exacte, parce qu'elle approche très-près; mais toujours laborieuſe & pénible. Les moyens de l'algebre conſiſtent à faire, avec les ſignes abſtraits d'une expreſſion abrégée, les mêmes comparaiſons, les mêmes opérations, les mêmes combinaiſons que l'on feroit avec des lignes & avec des ſurfaces de toutes grandeurs & de toutes figures, dont la conſidération trop variée & trop étendue, pourroit ſurcharger l'eſprit le plus fort. Mais l'algebre n'eſt qu'une géométrie écrite; la Géométrie n'eſt qu'une algebre figurée. Tout ſe réduit donc aux moyens de la Géométrie; que ſe propoſe-t-elle? La meſure de tout ce qui exiſte dans le monde ſenſible. Ce qui exiſte eſt l'ouvrage de la nature, de la nature qui a caché partout la ſimplicité des principes ſous la variété des phénomènes, qui en oppoſant les principes ſecondaires, en faiſant réagir les êtres les uns ſur les autres, a paru troubler partout l'uniformité & la régularité qui la conſtituent, n'a mis nulle part ni deux formes ſemblables, ni une forme régulière. L'homme ſe perd dans cette variété infinie! Ce qui eſt trop compoſé n'eſt plus régulier pour lui; il lui faut des choſes ſimples & qui ſoient ordonnées ſuivant ſa manière de concevoir. Nous avons pris le parti, pour étudier la nature, de meſurer ſes ouvrages, en leur appliquant les figures de notre Géométrie, les modèles idéaux que notre eſprit a créés, les formes régulières dont il connoît la loi. Maître de multiplier preſque à volonté ces formes, d'en varier la loi, il peut d'eſſais en eſſais, aſſimiler, pour ainſi-dire, les meſures qu'il s'eſt faites aux choſes qu'il veut connoître, approcher auſſi près qu'il le veut de la nature

qu'il ne doit jamais atteindre, & ſe faire une copie aſſez reſſemblante de ce grand modèle. En effet quoique l'univers n'offre nulle part des lignes parfaitement droites, des ſurfaces réellement planes, des triangles, des carrés, des cubes réguliers, des cercles uniformes, des ellipſes & des paraboles réelles, l'homme meſure avec ces figures une infinité d'eſpaces qui s'en écartent peu; & lorſqu'il voudra deſcendre aux détails & toucher de plus près la vérité des choſes, il a des formes moins ſimples & des courbures plus compliquées pour apprécier les écarts mêmes.

Cependant lorſque Newton voulut appliquer la Géométrie à la phyſique céleſte, & porter la ſcience à cette hauteur extraordinaire, il fallut comparer enſemble des choſes qui n'étoient pas de même nature. Le mouvement s'accomplit dans un eſpace, il dure pendant un tems, il a une certaine vîteſſe; des eſpaces, des tems, des vîteſſes n'ont rien de ſemblable. Si la vîteſſe eſt d'autant plus rapide que l'eſpace parcouru eſt plus grand, & le tems employé plus court, quel rapport des tems & des eſpaces ont-ils entr'eux? Cependant la Géométrie ne peut opérer que ſur des rapports & ſur des égalités. On parvient à la comparaiſon deſirée entre ces choſes d'eſpeces ſi différentes, en établiſſant pour chacune d'elles un module différent, une unité particulière; & lorſqu'on compare des vîteſſes, des tems & des eſpaces, la comparaiſon de chacune de ces quantités avec ſon module particulier, eſt toujours ſouſentendue. On dit que dans un mouvement uniforme, en tems égal l'eſpace eſt comme la vîteſſe. Un corps qui tombe parcourt quinze pieds dans la première ſeconde de ſa chûte; il acquiert par cette chûte une vîteſſe, qui lui feroit parcourir uniformément trente pieds. Si nous prenons la ſeconde pour l'unité de tems, trente pieds formeront une unité

pour l'espace ; & si nous regardons la vîtesse qui résulte de l'espace parcouru en une seconde comme l'unité de vîtesse, comme un module propre à mesurer tous les degrés quelconques de vîtesse, quand un corps sera lancé par une force qui sera capable de lui faire parcourir soixante pieds dans une seconde, nous dirons que ce corps a deux degrés de vîtesse ; que dans le premier cas sa vîtesse étoit 1, & que dans celui-ci elle est 2. Il ne sera pas plus difficile de comprendre comment on compare les tems avec les espaces. Galilée a découvert que dans la chûte des corps les espaces parcourus sont toujours comme les carrés des tems : nous pourrons former une égalité de ces espaces & du carré de ces tems ; nous pourrons substituer partout ces carrés à ces espaces, ou ces espaces à ces carrés. Si, par exemple, dans les deux premières secondes du tems de la chûte, le corps parcourt soixante pieds, ou quatre fois quinze pieds, nous égalerons le carré de deux, ou bien quatre secondes à soixante pieds, parce que c'est quatre unités de tems que l'on égale à quatre unités d'espace. Nous pouvons substituer partout ou l'espace ou le carré du tems ; c'est toujours le nombre *quatre* que nous employons. Ces conventions & un petit nombre de principes simples sont la base de la science des corps en mouvement ; science créée par Newton & appelée dynamique, mais que nous avons confondue ici sous la dénomination générale de Géométrie.

Newton avoit montré que si un corps décrit une des quatre sections coniques, ce corps est poussé vers un des foyers par une force inversement proportionnelle au carré des distances. Il avoit établi que dans ces sections coniques les apsides & les nœuds seroient immobiles ; telle est la loi universelle, en supposant que chaque corps central exerce un empire absolu dans son domaine. Newton passant ensuite à la lune, qui offre des exceptions à

cette loi, dont les apſides & les nœuds ſe meuvent, dont le mouvement elliptique eſt continuellement troublé, fit voir que ces dérangemens étoient une ſuite néceſſaire de la gravitation univerſelle. C'eſt que l'empire du corps central n'eſt pas abſolu; c'eſt que les loix qu'il impoſe, & qui doivent tout régler, ſont contrariées, modifiées par la loi d'une puiſſance étrangère & éloignée. Cette puiſſance eſt le ſoleil, qui étend à la lune le joug impoſé à la terre. Mais Newton ſemble avoir conſidéré à part ces dérangemens & chacune des inégalités de la lune : il n'a ajouté que peu d'équations aux quatre qui étoient déjà connues ; quelques-unes ne ſont même déduites que des obſervations. Ses explications ſont iſolées ; elles ne ſont point liées entr'elles, comme doivent être les effets d'une même cauſe. En donnant les principes & les concluſions, il a ſouvent rompu la chaîne qui doit l'avoir conduit des uns aux autres : il ſemble avoir craint d'être ſuivi & avoir voulu cacher ſes traces; il s'en faut bien qu'il ait tout expliqué d'une manière ſatisfaiſante. Auteur du plus bel ouvrage qui ſoit ſorti de la main d'un homme, il n'a pu en perfectionner toutes les parties : d'ailleurs les routes qu'il avoit ouvertes dans la Géométrie ont été ſuivies; on a été plus loin que lui.

Trois Géometres ont paru preſque à la fois en Europe, MM. Clairaut & d'Alembert en France, M. Euler à Berlin. La ſcience de la dynamique s'étendit entre leurs mains ; le champ vaſte du calcul intégral, ſemblable à ces landes que la patience & le travail peuvent ſeuls fertiliſer, fut défriché dans un plus grand nombre de ſes parties. Avec ces moyens ajoutés aux moyens de Newton, les trois Géometres conçurent le grand projet de refaire ſon grand ouvrage, de ne lui prendre que ſa loi, & de tout dériver de ce principe unique, en détaillant ſes effets & en ſuivant ſes conſéquences. La marche de nos Géometres paroît contraire à

celle de Newton ; & elle a dû l'être en effet. Le philosophe Anglois a dû remonter des effets aux causes, pour découvrir le principe, pour s'assurer de sa réalité ; mais le principe une fois établi & reconnu souverain sur le trône de la nature, on a dû partir de la source des loix pour connoître & combiner les effets. Nous ne nous proposons pas de faire mention ici du mérite géométrique de ces travaux, ni des méthodes & des artifices de calcul employés par ces Géometres justement célébres ; ce mérite appartient à l'histoire de la Géométrie. Notre tâche est de montrer comment cette science a été utile à l'Astronomie, d'indiquer ses moyens ; & en développant aux lecteurs l'esprit métaphysique, qui a conduit l'homme dans ces profondeurs, de faire taire la défiance qui s'étonne de succès inespérés, & d'établir la confiance en satisfaisant la curiosité.

Un corps étant lancé dans l'espace par une force d'impulsion uniforme & constante, avec une vîtesse quelconque, mais connue, & suivant une direction déterminée, continuellement attiré vers un centre placé à une distance donnée, & par une force inversement proportionnelle au carré de cette distance, on demande quelle est la route de ce corps & la courbe qu'il décrit en vertu de ces forces. On considere ce qui se passe dans un tems infiniment petit : la première force lui fait décrire une petite ligne droite ; la force centrale tend à lui en faire décrire une autre dans une direction différente. Ces deux petites lignes forment un angle, & sont les deux côtés d'un parallélograme ; si l'on tire la diagonale, cette diagonale que le corps suit pour obéir à la fois aux deux forces qui le pressent, est sa route dans cet instant, & une portion de la courbe qu'il doit décrire. Or de ces deux petites lignes la première est connue, puisqu'elle est décrite par une force uniforme, & avec une vîtesse connue ; l'autre l'est aussi, puisqu'elle est l'effet de la force

centrale, toujours assignable à une distance déterminée ; la diagonale qui en résulte doit donc l'être également, & sa valeur est relative à la direction de la force uniforme, à la vîtesse qu'elle imprime au corps dans un tems donné, enfin à la distance du corps central. Ce sont toutes ces circonstances qui déterminent la valeur de cette diagonale & la nature de la courbe dont elle est une portion infiniment petite. Cette portion est réellement une différentielle ; il ne s'agit que de remonter par le calcul intégral à la quantité entière & finie dont elle est la différentielle. Cette quantité sera l'équation de la courbe. Le calcul fait sur ces principes démontre que lorsque la force centrale est, comme nous l'avons supposé, inversement proportionnelle au carré des distances, la courbe décrite ne peut être qu'un cercle, une ellipse, une parabole ou une hyperbole. Lorsque les Grecs trouverent ces quatre courbes dans les sections du cône, ils n'imaginerent pas que ce cône renfermoit la destinée des corps célestes & les seules figures permises à leurs orbes. Les conditions de la vîtesse & de la direction de la force uniforme déterminent celle de ces quatre courbes que le corps doit décrire. Ce problême de deux corps qui agissent l'un sur l'autre étoit facile à la Géométrie moderne ; le problême le plus utile, & à la fois le plus difficile, est celui-ci. *Trois corps étant donnés avec leurs positions, leurs masses & leurs vîtesses, trouver les courbes qu'ils doivent décrire par leur attraction, supposée proportionnelle à leur masse & aux raisons inverses du carré des distances.* Ce problême est le plus difficile, parce qu'il est compliqué de trois actions ; il est en même tems le plus utile, parce qu'il embrasse tout le systême du monde. Sans doute tous les corps agissent les uns sur les autres, à quelque distance qu'ils soient ; cependant comme toute action est foible, quand sa source est lointaine,

on peut calculer ſéparément les attractions de chaque corps éloigné, & toute la théorie céleſte ſe réduit à conſidérer un grand corps qui en régit un ſecond plus petit qu'il force de circuler autour de lui, tandis qu'un troiſieme éloigné trouble & dérange cette marche régulière. Telle eſt la queſtion fameuſe ſous le nom de *problême des trois corps*, dont la ſolution fait le caractère de notre ſiecle, & lui donne ſon rang dans le progrès des ſciences.

Nous allons développer ce problême général dans le cas particulier de la lune tournant autour de la terre & troublée par le ſoleil. Si l'on ſe rappelle ce que nous venons de dire, lorſque nous n'avons conſidéré que deux corps, on verra qu'en faiſant abſtraction de l'influence ſolaire, la lune doit décrire le premier petit côté en vertu de ſa force de projection, & le ſecond par l'effet de ſa tendance vers la terre; la diagonale, cette petite portion de ſa route, ſera la différentielle de l'ellipſe qu'elle décrit autour de nous. Mais lorſque le ſoleil agit, non ſeulement la lune eſt détournée de ſa route rectiligne par la force centrale de notre globe, mais elle eſt encore détournée par l'effet de la force ſolaire. Elle eſt donc obligée de quitter à chaque pas l'ellipſe qu'elle décrit; & on peut juger combien la courbure de ſa nouvelle route doit être compliquée, puiſqu'elle réſulte de trois actions combinées, dont l'une, à la vérité, eſt toujours la même, mais dont les deux autres inégales entr'elles, ſont à chaque inſtant d'une longue période, toujours différentes d'elles-mêmes. Ici les courbes ſimples & régulières ne ſuffiſent plus pour meſurer, pour repréſenter cette courbure compoſée & bizarre; la courbe qui en réſulte dans l'eſpace, eſt d'un genre ſi élevé, que les moyens de l'analyſe, quoiqu'infiniment variés, ne peuvent y atteindre. Nos Géometres l'auroient caractériſée & décrite, s'ils avoient

pu

pu ſaiſir ſon équation ; mais cette équation rigoureuſement développée eſt inaſſignable. C'eſt ici que l'eſprit humain, quelquefois étonné de ſa grandeur & de ſes reſſources, reconnoît la foibleſſe de ſa nature limitée ; mais la patience & le travail lui fourniſſent les méthodes d'approximation. On décompoſe le problême pour en conſidérer ſucceſſivement les différentes parties ; & on met par tout une vérité approchée, aſſez exacte pour être utile, à la place d'une vérité rigoureuſe qu'on ne peut eſpérer.

Nous avons dit (*a*) que l'action du ſoleil ſur la lune pouvoit toujours ſe décompoſer en deux autres, dont l'une agiſſoit ſuivant la direction de la lune à la terre, & s'ajoutoit à la force centrale, & dont l'autre agiſſoit dans une direction perpendiculaire à cette ligne. Deux choſes caractériſent le mouvement d'un aſtre ; la direction de ce mouvement, c'eſt-à-dire, la route que ſuit le corps qui ſe meut, & le tems employé à la parcourir. La première des deux forces change la loi du carré des diſtances : la lune ne peut plus décrire une ellipſe ; elle en eſt ſans ceſſe retirée par l'action étrangère du ſoleil, & la diſtance à la terre eſt augmentée ou diminuée ; en même tems que l'orbite eſt ainſi déformée, le tems même de la révolution eſt altéré. Car ſuivant la loi de Kepler (*b*), les tems des révolutions ſont comme les racines carrées des cubes des diſtances au ſoleil. Cette diſtance ne peut donc être changée ſans que le tems ne le ſoit auſſi. La ſeconde force agit dans le ſens de l'orbite même ; elle pouſſe ou elle retient, elle augmente ou elle diminue les vîteſſes : elle affecte donc particuliérement le tems ; il y aura dans un tems égal plus ou moins

(*a*) *Suprà*, Tome II. p. 506. (*b*) *Ibid.* p. 130.

d'espace parcouru. La première de ces forces nouvelles altere la petite ligne décrite par l'effet de la force centrale : elle y ajoute une autre petite ligne infiniment petite à l'égard de la première, qui elle-même étoit déjà infiniment petite ; c'est ce qu'on appelle une différentielle du second ordre. Cette nouvelle quantité a une valeur relative à la distance du soleil, à sa position à l'égard de la lune ; introduite dans l'expression de la diagonale, qui est la vraie route de la lune, elle conduit à une équation, qui donneroit rigoureusement la forme & la courbure de cette route, si l'art pouvoit parvenir à la développer. Le premier mérite des trois Géometres rivaux est d'avoir mis ainsi le problême en équation ; mais cette équation étoit différentielle, & du second ordre, c'est-à-dire, que quelques-unes des quantités dont elle étoit composée, étoient infiniment petites, relativement à d'autres quantités, infiniment petites elles-mêmes devant les quantités finies & sensibles du monde physique.

Nous n'avons point rendu compte de cette étendue du calcul différentiel : l'homme en est le maître ; il descend tant qu'il veut dans les classes des différentes grandeurs. Si une quantité variable augmente ou diminue à chaque instant d'une portion infiniment petite, cette altération est la différentielle du premier ordre ; mais si la quantité varie inégalement, les altérations successives ne seront plus les mêmes ; on pourra considérer leur différence ; cette différence sera une différentielle du second ordre. C'est donc à cette double profondeur, à ce second degré de la nature infiniment petite, que les trois Géometres ont atteint la solution desirée du problême des trois corps. Mais il ne suffit pas d'être ainsi descendu, il faut revenir aux choses sensibles. Le second mérite de nos trois Géometres fut de retrouver les quantités finies par deux intégrations successi-

ves, qui furent obtenues de l'adresse du calcul (*a*), & qui, si elles ne sont pas rigoureuses, n'en ont que plus coûté au génie fatigué de la lenteur & de la peine des approximations. Toutes les quantités variables & inconnues qui entrent dans ce problême, sont à peu-près connues; car elles le seroient réellement si les perturbations du troisieme corps n'avoient pas lieu. Mais l'effet de ces perturbations étant toujours peu considérable, les Géometres ont imaginé de substituer à ces quantités inconnues les quantités connues dont elles different peu, plus une petite quantité qui est l'effet des perturbations; quantité assez petite en effet pour qu'on puisse en négliger les puissances. Voilà la première simplification du problême; & par là les équations différentielles deviennent linéaires. C'est en même tems la première espece d'approximation. Mais si les intégrations ne sont point rigoureuses, c'est encore parce que plusieurs de ces quantités ne sont point elles-mêmes susceptibles d'une valeur exacte; elles ne peuvent être développées que par une suite de termes qui vont toujours en diminuant, & de manière qu'on peut n'en prendre qu'un certain nombre & négliger les derniers. Ces suites que l'on prolonge autant qu'on veut, donnent le degré qu'on veut de précision; c'est par une de ces suites qu'on obtient la quadrature approchée du cercle, & une infinité d'autres connoissances que l'imperfection des méthodes refuse à nos recherches. L'adresse du calcul étoit donc de trouver les suites, les approximations les plus utiles pour parvenir à l'intégration.

Mais ce n'est pas tout; il faut encore compliquer le problême de plusieurs considérations importantes. Le soleil n'est pas toujours également éloigné de la terre; son orbe

(*a*) M. d'Alembert, Recherches sur le systême du monde, Disc. prél. p. XXII & XXXVI.

elliptique a une excentricité qui augmente ou diminue sa distance ; cet astre n'étant pas dans le plan de l'orbite que la lune décrit autour de la terre, il attire la lune différemment, suivant qu'elle est différemment élevée au-dessus de l'écliptique. Ces sources de variations doivent influer sur les dérangemens de la lune, & entrer dans leur expression ; il faut donc une multitude d'attentions délicates, & des calculs pénibles, pour obtenir, non pas la solution rigoureuse, jusqu'ici impossible, mais la solution approchée du problême des trois corps.

En conséquence de la manière dont on a envisagé le problême, & de ce qu'on a séparé les quantités résultantes du mouvement de la lune autour de la terre, qui sont grandes & considérables, des perturbations dues au soleil, qui sont toujours assez petites, l'équation obtenue, l'équation de la courbe que décrit la lune doit être regardée comme composée de deux parties. La première, qui pourroit être nommée la partie elliptique, est celle qui donneroit l'ellipse de la lune, si le soleil n'agissoit pas, & si la lune parcouroit tranquillement la voie où elle est enchaînée par la terre ; la seconde est celle qui exprime l'effet du soleil pour troubler la lune, & les dérangemens qu'il lui cause. Les quantités qui la composent dépendent des arcs & des angles, qui mesurent la distance du soleil à son apogée & à la lune, la distance de la lune à son nœud, à son propre apogée & à celui du soleil. Toutes ces quantités sont ce qu'on appelle les équations de la lune ; & on y retrouve d'abord l'équation du centre (*a*) : celle-ci appartient à la partie elliptique, elle est commune à toutes les planetes ; c'est la découverte de Kepler. On retrouve ensuite les équations qui

---

(*a*) *Suprà*, Tome I, p. 97.

ont été reconnues par Ptolémée (*a*) & par Tycho (*b*); l'équation annuelle long-tems confondue avec l'équation du tems, & qui en fut séparée par Newton; enfin une multitude de petites équations inconnues à Newton lui-même. On ne peut aujourd'hui déterminer pour un instant donné la place de la lune dans le ciel que par un calcul long & pénible : il n'y a cependant que deux causes, deux actions, celle de la terre & celle du soleil sur la lune, il semble qu'il ne devroit y avoir que deux équations; mais ici ces deux actions semblent divisées en une infinité de portions, qui toutes ont une mesure particulière. Cette complication est sans doute un défaut; il tient à l'espece des méthodes d'approximation. Cette marche n'est point celle de la nature; nos moyens sont petits, il nous en faut mille pour un des siens. Elle accomplit un grand dessein par un seul effort, & chaque effet ne doit avoir pour elle qu'un module. Mais nous, qui ne pouvons atteindre ce grand dessein, nous dont les méthodes sont nées dans notre tête & limitées par notre foiblesse, nous sommes obligés de partager ce dessein, de le mettre en pieces pour l'approcher de nous, pour le connoître; de-là naît la multiplicité des mesures: & lorsque nous avons considéré ces parties, si nous avons l'art de les rejoindre, de reconstruire le tout que nous n'avons pu embrasser, nous devons admirer nos ressources, & nous applaudir d'une hardiesse aussi noble par son but, qu'heureuse par son succès. Foibles sans doute pour ce qui nous reste à faire, nous serons toujours grands par ce que nous avons fait: nous en aurons la preuve, si nous comparons la théorie avec les phénomènes; la marche est la même. La théorie développe successivement les inégalités les plus sensibles, celles qui ont

(*a*) *Suprà*, Tome I, p. 275. (*b*) *Ibid.* pag. 407.

frappé les yeux des Astronômes. Si nous n'avons pu surprendre la nature, sa manière simple d'opérer un effet, nous imitons du moins cet effet dans son développement, dans ce qu'il a de sensible pour nous; nous faisons comme elle, mais par des circuits, & avec plus de peine. Quant aux grandes inégalités, déjà observées, la théorie est parfaitement d'accord avec l'observation; c'est un juste motif de confiance pour les inégalités plus petites que l'observation n'a su démêler, mais que le calcul, dont les yeux sont plus fins & plus pénétrans, a saisies séparément, & qui, réunies en masse, ont un effet sensible dans les observations.

Cette foule d'équations nécessaires pour déterminer le lieu de la lune dans le ciel, n'est pas le seul effet de la force solaire. Le soleil a une puissance qui trouble & déplace tout; une partie de sa force décomposée s'ajoute, comme nous l'avons dit, à la force centrale qui attire la lune vers la terre. Cette partie de la force du soleil agit particuliérement sur l'apogée, elle le déplace & lui donne un mouvement propre dans l'orbite même de la lune; ou plutôt la force du soleil rend cette orbite mobile & la fait tourner autour d'un des foyers où la terre est placée. Les observations nous avoient revélé ce phénomène. Newton avoit dit que sa théorie donnoit avec exactitude la quantité de ce mouvement; mais il avoit souvent parlé à la manière des Prophetes, qui disent ce qu'on ne peut voir: alors c'est la foi qui croit, il faut que la raison se soumette. Mais l'esprit n'est ni éclairé, ni tranquille; son repos ne peut être établi que sur des démonstrations. On attendoit de la nouvelle solution du problême des trois corps, que Newton seroit justifié sur ce point, comme il l'avoit été sur tant d'autres. On fut bien étonné de trouver que la théorie n'indiquoit ici que la moitié du mouvement donné par les

observations, & cette erreur n'étoit pas legère ; car le mouvement de l'apogée étant de plus de quarante degrés par an, cette moitié étoit d'environ vingt degrés dans cet intervalle. Lorsque la théorie & l'observation different sur un fait, l'observation qui constate ce fait, ne permet point de doute ; il faut que le tort soit du côté de la théorie : & ce qui accusoit le plus cette théorie, c'est que les trois Géometres, sans s'être communiqué ni leurs résultats, ni même leur projet (*a*), n'avoient, chacun de leur côté, trouvé par la théorie que la moitié du mouvement observé. Nous éclaircirons bientôt cette difficulté.

Mais la même force qui fait avancer l'apogée, agit aussi sur le plan de l'orbite de la lune, ou, pour mieux dire, elle en retire la lune à chaque instant. En effet le soleil n'est pas dans ce plan, & puisqu'il tire à lui la lune, l'effet de son action est de la faire sortir de son orbite & de la transporter dans un nouveau plan. On peut donc considérer qu'elle en change à chaque instant ; mais qu'est-ce qui caractérise un plan tel que celui de l'orbite de la lune ? C'est son inclinaison sur l'écliptique, c'est le lieu où se font ses intersections avec ce cercle. La lune, en changeant continuellement de plan, doit s'abaisser ou s'élever sur l'écliptique, & voir ses nœuds répondre à différens degrés du zodiaque. La théorie, conforme à l'observation & à ce que Newton avoit annoncé, fait rétrograder constamment ces nœuds, qui parcourent ainsi l'écliptique dans une période de 18 ans $\frac{1}{2}$; & dans le même intervalle l'inclinaison varie, c'est-à-dire, le plan de l'orbite s'abaisse

---

(*a*) M. Euler avoit envoyé sa solution du problême des trois corps en 1747, dans une piece qui remporta le prix de l'Académie des Sciences de Paris en 1748, sur la cause des inégalités de Saturne. M. d'Alembert avoit remis sa solution cachetée au Secrétaire de l'Académie le 6 Novembre 1747, & M. Clairaut lut son Mémoire & sa solution à l'assemblée publique du 15 Novembre de la même année.

& s'éleve de dix-huit minutes, comme Tycho l'avoit observé (a).
Rien n'auroit été plus satisfaisant que ces résultats sans le mouvement de l'apogée qui sembloit rebelle à la théorie. Il n'en falloit pas davantage pour ébranler le principe qui lui sert de base ; il auroit été permis de douter de l'attraction, ou du moins de sa loi, si elle avoit été en défaut sur un phénomène aussi important & aussi considérable que celui du mouvement de l'apogée. Cependant assez de phénomènes déposoient pour l'attraction ; on ne pouvoit soupçonner que sa loi. Il étoit hardi d'oser réformer cette loi établie sur tant de phénomènes, devenue la base de tous les mouvemens célestes ; cette loi dictée par un homme qui avoit imprimé à la nation des Géometres & des Philosophes, & par eux à l'Europe entiere le même respect que Solon & Licurgue laisserent jadis dans Athènes & dans Lacédémone. M. Clairaut eut le courage de prendre ce parti, & ce fut par zele pour l'attraction ; il voulut écarter l'écueil où ce principe sembloit se briser. Voici comment M. Clairaut raisonna : dès que l'apogée ou les apsides d'une planete sont en mouvement, c'est une preuve que la force qui pousse cette planete vers un centre, ne suit pas exactement la loi du carré des distances ; il y a quelque différence ou quelque altération. Le soleil par sa force perturbatrice est bien une source d'altération, mais elle ne suffisoit pas ; elle ne donnoit que la moitié du mouvement de l'apogée. Il falloit donc que quelqu'autre cause produisît l'autre moitié ; il falloit donc que la force même qui émane de la terre sur la lune, ne suivît pas la loi du carré des distances. Mais en changeant la loi pour la conformer au phénomène de la lune, on ne devoit pas oublier que cette loi pure & simple suffisoit à toutes les autres planetes. M. Clairaut

(a) *Suprà*, Tome I, p. 408.

magina de l'exprimer par deux termes, dont le premier suivoit la raiſon du carré des diſtances, loi primitive & devenue preſque ſacrée; l'autre terme varioit comme les carrés carrés, ou comme les quatriemes puiſſances de la diſtance. Ce terme étoit très-petit, & même s'anéantiſſoit dans les orbites des planetes, qui ſont toutes aſſez éloignées du ſoleil; mais à la proximité où la lune eſt de la terre, il devenoit capable de produire le mouvement deſiré (*a*). Cette propriété n'a rien qui doive étonner; elle étoit l'ouvrage de l'art. Les ſuppoſitions mathématiques peuvent repréſenter tout ce qu'on veut; elles n'apprennent rien, quand elles ne ſont pas conformes à la phyſique, & même à la métaphyſique des Sciences. M. de Buffon défendit la loi de l'attraction; il établit qu'elle devoit être eſtimée par le carré inverſe de la diſtance, comme toutes les qualités qui partent d'un centre ou qui y tendent, comme la lumière, la chaleur, les odeurs, &c. Selon lui, c'étoit une abſurdité d'admettre deux termes dans l'expreſſion de cette loi (*b*). Chaque terme, en pareil cas, eſt un module; une propriété générale, une qualité unique ne peut avoir qu'une meſure unique & ſimple comme elle. Deux termes, deux modules indiqueroient deux principes de variations, deux loix d'attraction: ils détruiroient la ſimplicité ſuppoſée, néceſſaire même dans cette qualité eſſentielle de la matière; & pour

(*a*) Mém. Acad. Scien. 1745, p. 329.

(*b*) M. d'Alembert a remarqué depuis que cette loi compoſée ſeroit beaucoup trop grande pour expliquer la peſanteur des corps terreſtres. (*Recherches ſur differens points importans du ſyſtême du monde*, T. I, p. 185). Ainſi on eût perdu d'un côté ce qu'on eût gagné de l'autre. Cependant M. Bouguer ſoupçonne que la loi du carré des diſtances ne ſuffit pas pour rendre raiſon des phénomènes de l'attraction dans le point du contact. Il ſemble que la force ſoit alors dans la raiſon inverſe des cubes. M. Bouguer eſt diſpoſé à admettre des parties de la matière qui agiſſent ſuivant différentes loix. (*Entretiens ſur les cauſes des inclinaiſons des planetes*, p. 51). Mais ſans recourir à cette diverſité de loix qui répugne à la ſimplicité de la nature, il ſemble qu'on peut attribuer ces différences apparentes à la figure des corpuſcules primitifs & des élémens des corps; figures, qui, comme on ſait, changent beaucoup l'attraction de la maſſe.

les admettre, il faudroit imaginer deux matières différentes par leur nature & par leur force d'attraction (*a*). M. Clairaut répondoit que si son expression de l'attraction n'avoit pas la simplicité d'une cause unique, il falloit s'en prendre au langage inventé par les hommes; c'est la faute de l'algèbre, qui ne peut s'exprimer mieux (*b*). Cette excuse eût pu être admise; si elle avoit été nécessaire; mais la raison de M. de Buffon, conforme à l'analogie & à la métaphysique des choses, n'en étoit pas moins forte & pressante. La dispute finit, parce qu'elle n'eut bientôt plus d'objet. Si M. Clairaut fut entraîné par une erreur dans le parti extrême de changer la loi de l'attraction, il eut pour complices les deux plus célebres Géometres de l'Europe, M. d'Alembert & M. Euler : il fut le premier à reconnoître cette erreur (*c*); il s'empressa d'en faire le désaveu & à la Société royale de Londres, & à l'Académie des Sciences de Paris, le 17 Mai 1749 (*d*). Une quantité négligée dans l'approximation en étoit la source : le principe de l'attraction fut donc rétabli dans toute son intégrité, & M. Clairaut eut la gloire de le reconcilier avec la nature. M. d'Alembert & M. Euler revirent leurs calculs (*e*), & ils trouverent la cause de l'erreur à la même source, où les mêmes difficultés les avoient tous trois également trompés.

La solution du problême, qui fait tant d'honneur à notre siecle, appartient donc également à MM. Clairaut, d'Alembert & Euler : les successeurs d'Alexandre se sont partagé son empire; le sceptre de Newton a passé dans les mains de ces trois Géometres. Newton avoit régné seul : il peut être pénible d'avoir des émules, & sur-tout des égaux; on n'a qu'une part dans la

---

(*a*) Mém. Ac. Sc. 1745, p. 493, 551, 580.
(*b*) *Ibid.*, p. 529, 578, 583.
(*c*) M. d'Alembert, Recherches sur le systême du monde, Dis. prél. p. XXXIX.
(*d*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1745, p. 578.
(*e*) Transactions philosophiques, 1751, p. 264.

gloire acquise, dans l'admiration du siecle, & dans la reconnoissance des âges, mais il est beau de ne trouver des égaux qu'au premier rang! Comme personne ne peut être comparé à Newton, ce grand homme ne doit faire envie à personne : il est l'auteur d'une illustre famille; il a laissé plusieurs enfans aussi nobles que lui. Si cette rencontre & cette concurrence ont quelque désagrément pour les inventeurs, elles sont heureuses pour l'esprit humain. La foule qui écoute, acquiert bien plutôt la certitude. Les mêmes résultats, sortis de plusieurs mains, produits par différens examens, conduisent plus promptement à l'évidence, & soumettent plus facilement les esprits.

Il résulte du travail de ces trois Géometres une confirmation complette du systême de Newton. L'apogée, les nœuds de la lune se meuvent, le plan de l'orbite s'abaisse & s'éleve, comme sa loi l'ordonne. Les grandes inégalités déjà observées, en dérivent naturellement; les petites s'accumulent pour que le calcul puisse suivre dans le ciel cette planete si long-tems rebelle, & s'arrêter précisément au lieu désigné par l'observation. Les Tables du mouvement de la lune que M. Clairaut a construites sur la solution particulière du problême des trois corps, représentent toutes ces observations avec une précision qu'il paroît difficile de surpasser. M. Mayer, Astronôme & Géometre de Gœttingue, a comparé la théorie avec les phénomènes, & a essayé de rectifier toutes les inégalités sur un grand nombre d'observations; ce n'est donc plus le résultat de la seule théorie : on ne peut cependant blâmer M. Mayer, puisque M. Clairaut s'est également permis cette espece de correction. Aussi quoique les Tables de l'Astronôme aient été louées, comme elles le méritent, & qu'elles aient eu part au prix de la longitude en Angleterre, celles de M. Clairaut ne leur cedent en rien. Plus de 500 lieux de la lune, récemment calculés par

M. Lemery, prouvent que les Tables de M. Clairaut donnent le plus ſouvent, comme celles de M. Mayer, une erreur au-deſſous d'une minute; il y a même cela de remarquable, que quoique M. Clairaut ait rectifié ſa théorie & ſes coefficiens ſur les phénomènes, M. Euler (*a*), en n'employant que la théorie ſeule, a retrouvé les mêmes quantités. M. Clairaut eût donc pu y arriver, en pouſſant plus loin le calcul, ce qui démontre les forces de cette théorie & le mérite de la ſolution. Tout dépend aujourd'hui des méthodes d'approximation; elles viennent d'être perfectionnées par MM. Euler, d'Alembert, la Grange, Condorcet & la Place (*b*). Nos eſſais ſucceſſifs, qui tendent vers la perfection, ſans jamais l'atteindre, ſont l'inconvénient de ces méthodes: en commençant un calcul long & pénible, en avançant dans ce labyrinthe, on écarte, pour ſimplifier, les quantités qui ſemblent pouvoir être négligées; il faut toujours marcher la balance à la main, pour peſer leur influence, ou préſente, ou éloignée. Il réſulte toujours quelque incertitude de ces eſtimations délicates. On doit encore s'étonner que l'eſprit humain n'ait pas manqué la route à travers ces difficultés; il faut le louer d'avoir approché ſi près du but. La loi de Newton eſt parfaitement vérifiée; ce ſuccès ſuffit à la philoſophie, qui demande le méchaniſme ſecret des mouvemens céleſtes. Si nous deſirons davantage, c'eſt que Newton & les Géometres du ſiecle préſent nous ont rendu difficiles.

Il reſtoit un problême important ſur lequel Newton n'avoit point entiérement ſatisfait la curioſité, ni tranquilliſé la philoſophie, dont le doute eſt le caractère; c'eſt le problême de la préceſſion des équinoxes. Nous avons dit qu'elle étoit

---

(*a*) *Theoria motuum lunæ*, 1772.

(*b*) Euler, *Ibid.*

M. d'Alembert, Opuſcules math. & Mém. de Turin.

M. de la Grange, Mém. de Turin, T. III.

M. de Condorcet, Mém. Acad. Scien. 1769, 1771.

M. de la Place, *Ibid*, 1777.

l'imperfection & l'incertitude de la ſolution de ce grand homme (*a*). Cette queſtion eſt une des plus intéreſſantes du ſyſtême du monde : chaque année les équinoxes rétrogradent de cinquante ſecondes, les étoiles s'avancent le long de l'écliptique de la même quantité ; & depuis que l'Aſtronomie eſt cultivée, elles ont peut-être parcouru ſous nos yeux le quart du zodiaque (*b*). Newton avoit bien trouvé par ſa théorie cette quantité de cinquante ſecondes : il l'avoit dit ; mais il falloit de la foi pour le croire. Génie ſupérieur, il avoit mérité cette foi ; mais il étoit homme, il pouvoit ſe tromper. La Géométrie ne reconnoît aucune autorité, pas même celle de Newton ; & c'eſt tout dire : ſon eſſence eſt de conſerver la vérité, qui n'a que cet aſile ſur la terre. Un autre phénomène récemment découvert demandoit une explication : c'eſt ce petit mouvement apperçu dans les étoiles par le célebre Bradley ; c'eſt cette nutation de l'axe que cet Aſtronôme avoit attribuée à l'action de la lune ſur le globe, où elle opere un balancement ſemblable à celui que le ſoleil doit y cauſer, & que Newton avoit annoncé. Ces vues de Bradley étoient vraiſemblables : mais une cauſe ſoupçonnée n'eſt pas une cauſe reconnue ; la gloire de la démonſtration reſtoit entière. Il falloit, pour la nutation, comme pour la préceſſion, demander compte à la lune de ſon action, voir comment les différentes parties du globe lui étoient différemment ſoumiſes ; & au milieu de tous ces effets particuliers, calculer les effets généraux qui en réſultent & qui peuvent ſe manifeſter. M. d'Alembert penſa qu'il falloit chercher une explication de ces deux phénomènes, en n'employant que les loix connues du mouvement, & l'attraction, en raiſon inverſe du carré des diſtances. Il attaqua ce beau pro-

(*a*) *Suprà* Tome II, p. 525.

(*b*) Aſtronomie ancienne, p. 74.

blême avec le même courage & les mêmes ressources qu'il avoit employées pour la lune. Le succès a été complet : il a donné la vraie théorie de ce phénomène ; & en rectifiant celle de Newton, il a eu la gloire de relever quelques erreurs échappées à ce grand homme. Newton avoit dit que le principe de l'attraction donnoit la vraie quantité de la précession des équinoxes, mais il y étoit arrivé par une sorte d'estime ; & s'il a été justifié à cet égard, les preuves appartiennent à M. d'Alembert. C'est en calculant les forces du soleil & de la lune pour mouvoir chaque particule du globe terrestre, que M. d'Alembert parvient à déterminer l'effet total qui en résulte sur le globe, c'est-à-dire, le déplacement de son axe. Ce déplacement est exprimé par deux formules, dont la première représente le mouvement circulaire de cet axe autour de l'axe de l'écliptique ; mouvement qui est la même chose que la précession constante des équinoxes : la seconde donne le balancement de ce même axe vers l'écliptique ; balancement découvert par M. Bradley, & connu sous le nom de nutation (*a*). Newton, nous l'avons dit (*b*), avoit considéré l'anneau, ou la protubérance de la terre à l'équateur, comme partagé en une infinité de lunes, qui circulent autour de son centre, & il avoit dit que leur mouvement étoit le même, soit qu'elles fussent adhérentes, ou isolées. M. d'Alembert est parvenu à la démonstration de ce principe, que Newton n'avoit point donnée. Ce grand homme avoit estimé encore assez vaguement l'action de la lune ; il avoit supposé que les mouvemens étoient proportionnels aux forces ; enfin & c'est sans doute la principale source de l'erreur, il n'avoit point eu égard au mouvement diurne de la terre, qui, suivant M. d'Alembert, peut porter la précession due au soleil, de dix secondes à vingt-quatre.

(*a*) M. d'Alembert, Rech. sur la précess. des équin. & sur la nutation de l'axe de la terre.

(*b*) *Suprà*, Astronomie mod. Tome II, page 525.

La même cause, qui produit la nutation, produit aussi une inégalité dans la précession des équinoxes. Ces deux phénomènes, la nutation & l'inégalité de la précession appartiennent uniquement à l'action de la lune; la précession à l'action combinée du soleil & de la lune. Il y a un inconvénient dans cette recherche, c'est que la lune n'ayant point de satellite, qui tourne autour d'elle, on ne peut connoître sa masse, ou la quantité de son attraction; on ne peut estimer cette masse que par d'autres effets, assez petits, assez difficiles à observer pour laisser de l'incertitude. Les forces dépendent des masses. M. Bernoully a déduit du phénomène des marées que la force de la lune pour élever les eaux de la mer, étoit à celle du soleil comme deux à cinq (*a*). Dans la recherche présente, si on compare ce que donne, d'une part, la théorie pour la nutation, la précession & son inégalité, à ce que de l'autre, l'observation donne, savoir, dix-huit secondes pour la nutation, & cinquante secondes pour la précession, on peut en déduire le rapport des forces du soleil & de la lune, que M. d'Alembert trouve être de 2 à $4\frac{1}{3}$; cependant, pour représenter en particulier le phénomène des marées, il faudroit que ces forces fussent dans le rapport de deux à cinq. Cette petite différence dans l'estimation & dans le rapport que donnent, pour les mêmes forces, les deux phénomènes de la précession & des marées, montre qu'il y a quelque circonstance qui modifie ces forces dans l'un ou dans l'autre cas. M. d'Alembert pense que cette circonstance est le défaut d'homogénéité dans l'intérieur de la terre. L'applatissement du globe nous avoit déjà conduit à cette conclusion. Mais ce qui est un grand avantage de la théorie de M. d'Alembert, c'est qu'il démontre

(*a*) Traité sur le flux & le reflux, piece des prix de l'Académie, Tome IV.

que quelle que ſoit la denſité des couches intérieures, le rapport entre la préceſſion & la nutation reſtera le même. On pourra donc toujours comparer ces deux phénomènes, quoiqu'on ignore cette denſité. Deſtinés, comme nous le ſommes, à ne parcourir que la ſurface de la terre, à ne jamais pénétrer fort avant au-delà de cette ſurface, & à ignorer toujours l'organiſation profonde & centrale du globe, c'eſt un grand point de pouvoir nous paſſer des connoiſſances qui nous ſont refuſées. M. d'Alembert eſt le premier qui ſoit entré dans cette route après Newton : il y a porté la lumière & la certitude ; & il a donné la première ſolution rigoureuſe de cet important problême. M. Euler, à peu-près dans le même tems, en a donné une autre ſolution (*a*) ; mais ſi les deux Géometres ſe ſont encore rencontrés, M. Euler s'eſt fait honneur de céder à M. d'Alembert toute priorité de recherche à cet égard.

Le phénomène du flux & du reflux de la mer eſt aſſez remarquable, & par ſa conſtance, & par ſes variations, pour qu'on cherche à l'approfondir. L'Académie des Sciences de Paris en demanda la cauſe & l'explication pour le ſujet du prix de 1740 : quatre pieces partagerent ce prix, l'une du P. Cavalleri, Jéſuite, fondée ſur les tourbillons, eſt enſevelie dans leur ruine ; les trois autres étoient de MM. Euler, Mac-Laurin, Daniel Bernoully. Celles-ci fondées ſur le principe de la gravitation, ont pour garans de leur durée la ſolidité de ce principe, & le mérite éminent de leurs auteurs. M. Daniel Bernoully, que cet ouvrage & beaucoup d'autres ont placé à côté de ſes peres, a rectifié le calcul de Newton, qui avoit donné à la lune trop d'empire ſur les eaux. Newton lui avoit ſuppoſé une force pour élever la mer, qui étoit à

(*a*) Mémoires de l'Acad. de Berlin, 1749.

celle

celle du soleil comme 4½ est à 1. M. Bernoully, comme nous l'avons dit, restreignit ce rapport à celui de 2½ à 1, ou de 5 à 2. Newton n'avoit donné qu'un apperçu de la solution de ce problême; il avoit montré que le soleil & la lune pouvoient élever les eaux de la mer, plutôt qu'il n'avoit suivi en détail les effets de ces deux puissances. Newton, dans le besoin de comparer sa théorie à la nature entière, l'appliquoit successivement à tous les phénomènes; pressé d'achever une longue carrière, un accord apparent, que le tact du génie savoit apprécier, lui suffisoit. On peut dire que le problême du flux & du reflux n'étoit pas résolu: il le fut, & il avoit deux grandes difficultés; l'une, que tandis que l'astre marche dans son orbe en attirant les molécules de la mer, la terre tourne sur elle-même, & emportant ces molécules avec elle, les éloigne de l'action qui les éleve; l'autre, que ces eaux, obligées de se mouvoir pour obéir à cette action, frottent dans leur marche contre le fond, contre les côtes, se détournent quand ces côtes font obstacle, se nuisent elles-mêmes par leur inertie, & trouvent dans leur ténacité une résistance qu'il faut vaincre. Ces causes secondaires modifient le mouvement des eaux & changent l'effet de l'action des astres. Newton n'avoit point considéré ces résistances; il avoit supposé un astre sans mouvement, élevant ou abaissant les eaux sur un globe immobile. Nous ne pouvons étendre nos connoissances, approfondir la nature qui se défend par mille difficultés, qu'en isolant ces difficultés, pour les attaquer & les lever les unes après les autres. M. Bernoully & les deux Géometres ses émules ont considéré d'abord, comme Newton, un astre sans mouvement, agissant sur un globe immobile; mais après cette première solution, ils ont rendu le mouvement à l'astre & au globe, & ont cherché par des méthodes d'approximation ce que ce mou-

vement pouvoit changer à leur premier résultat. C'est ainsi qu'on passe à côté d'une difficulté, quand le tems n'est pas venu de la vaincre. M. Euler a calculé l'effet de l'inertie des eaux & de leur résistance dans les hypothèses les plus vraisemblables. M. d'Alembert a traité la même question dans ses réflexions sur la cause des vents: il en a donné même les équations générales; mais il a été arrêté par la difficulté d'intégrer. Car pour remonter aux grandeurs, ce calcul inventé par Newton, constamment étendu & perfectionné de nos jours, nous manque encore à tous momens. Mais ce qui est très-remarquable, c'est que dans ce même ouvrage, où M. d'Alembert, parvenu à des intégrations alors impossibles, recouroit à des suppositions pour éluder une difficulté insoluble, il a fourni lui-même les moyens de la vaincre, en découvrant une nouvelle branche du calcul intégral, celle des équations aux différences partielles. Cette invention est la source d'une infinité de progrès; c'est un nouvel instrument entre les mains de l'analyste, & un moyen de plus pour la recherche des causes. En conséquence de ces progrès, M. de la Place a cru devoir retraiter en 1777, dans toute leur généralité les questions du flux & du reflux de la mer, & de la précession des équinoxes. La Géométrie avoit alors des forces plus puissantes. Quelques phénomènes du flux & du reflux n'étoient point expliqués par la théorie, ou même ses résultats paroissoient contraires à la nature; cette théorie, par exemple, donnoit des différences assez considérables entre les deux marées d'un même jour, & l'observation démontroit que ces marées étoient sensiblement égales. Ce n'étoit pas une raison de douter de la cause, mais l'explication restoit incomplette; il étoit clair que la théorie, embarrassée par les difficultés, s'étoit égarée dans sa marche; & n'avoit pas tout embrassé. M. de la Place a donc déterminé

l'effet des forces du soleil & de la lune sur les eaux, en ayant égard à l'oscillation & à la résistance de ces eaux, en laissant les astres se mouvoir dans sa solution, comme dans la nature; & cette solution est rigoureuse, quelle que soit la densité du fluide, & le mouvement de l'astre qui le souleve. La profondeur de la mer est une circonstance qui modifie le phénomène; il faudroit donc connoître l'une pour calculer l'autre; mais ce n'est pas ainsi que nous opérons, nous à qui les causes ne sont dévoilées que par les effets. On nous donne ici un moyen de déterminer la profondeur de la mer; nous n'avons qu'à faire différentes hypothèses, la vraie profondeur sera celle qui représentera le mieux les marées observées. La théorie montre que cette profondeur est partout à peu-près la même sur le globe, & seulement un peu plus grande au pôle qu'à l'équateur. Les marées sont d'autant plus hautes qu'elle est plus petite; enfin, pour satisfaire à tout, il faut supposer que cette profondeur est d'environ quatre lieues; alors les deux marées du même jour, qui différoient dans les premières solutions de la théorie, sont sensiblement égales dans ce nouveau calcul, comme dans l'observation (*a*). M. de la Place n'a point traité des autres phénomènes du flux & du reflux : il est revenu sur ces questions pour reprendre & soumettre les difficultés laissées en arrière; il n'a rien trouvé à ajouter aux déterminations des Géometres ses prédécesseurs.

Mais cette masse fluide qui couvre une partie de la terre, qui se meut pour obéir à l'action des astres, & retomber par son poids, ne peut-elle pas avoir quelqu'influence sur la précession des équinoxes & sur la nutation de l'axe de la terre? Newton & les Géometres, qui depuis lui ont traité cette

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1776, p. 525.

question, avoient considéré la terre omme un globe entièrement solide. Les dérangemens de ce globe, les petits mouvemens qu'il reçoit sont-ils les mêmes, lorsqu'il a seulement une masse compacte & solide, ou lorsque cette masse est recouverte d'un fluide plus ou moins profond ? La différence pourroit être sensible. Quelqu'hypothèse que l'on adopte sur la figure & la densité des couches terrestres, sur la profondeur & la densité de la mer, les loix, la marche, les rapports de la précession & de la nutation, comme l'a dit M. d'Alembert (*a*), sont immuables; mais il n'en est pas de même de la quantité absolue de ces phénomènes. Il y a telle de ces hypothèses, qui, en ayant égard à l'influence de la mer, donneroit la précession nulle, & telle autre qui la feroit dépendre toute entière de cette influence. M. de la Place parvient même à ce résultat, que si on suppose la terre homogène, & d'une densité égale à celle de la mer, il n'y aura ni précession, ni nutation. Or ces suppositions sont celles que Newton a adoptées pour déterminer le flux & le reflux de la mer, & la figure de la terre. S'il les avoit suivies dans la recherche de la précession des équinoxes, plus la solution auroit été exacte, plus elle auroit été en erreur. Nous ne dissimulons rien, puisque nous disons les fautes de Newton : mais la maturité des siecles, qui est le fruit de l'expérience & du génie, juge & corrige le génie même; l'âge perfectionne les sciences, comme il instruit les hommes. Nous avons une précession & une nutation, parce que la densité de la mer n'est point égale à celle de la terre, parce que notre globe n'est point homogène. Enfin la profondeur, partout à peu près égale de la mer, déjà prouvée par l'égalité des deux marées du même jour, rend ces mouvemens

(*a*) *Suprà*, p. 160.

du globe entiérement indépendans de ceux du fluide qui le couvre (a). La nouvelle considération, introduite dans le calcul par M. de la Place, ne change donc rien aux déterminations de M. d'Alembert; mais il étoit nécessaire de le savoir. Lorsque nous ajustons nos théories aux opérations de la nature, on ne peut être tranquille qu'après avoir tout considéré & tout pesé. On a fait une découverte, quand on a montré qu'une cause existante est balancée, & que son effet est insensible.

Ces mouvemens de précession & de nutation ne sont point particuliers à la terre; ils appartiennent à tous les globes, qui s'écartent de la figure sphérique, & sont renflés dans quelques-unes de leurs parties. Ce renflement, plus attiré que le reste par les corps voisins, reçoit des mouvemens particuliers qu'il communique à la masse du globe. Non seulement la lune doit être, comme la terre, un peu élevée à son équateur; mais, nous l'avons dit (b), sa constance à nous présenter toujours la même face, soumettant toujours les mêmes parties à l'action que nous exerçons sur elle, doit la rendre un peu alongée, dans le sens de celui de ses diametres qui est dirigé vers nous.

Newton avoit examiné en Géometre les conséquences de cette figure de la lune. Il pense que c'est en vertu de cet alongement que la planete nous présente toujours la *même face*; il a cru que c'étoit aussi la cause de sa rotation. Cette protubérance attirée par la terre, tend toujours à revenir en face de nous, au moins par des oscillations; c'est là son point de

(a) Mémoires de l'Aca. des Scien. 1776, p. 229; 1777, p. 329.
M. de la Place est parvenu à ce théorême. Si l'on suppose que la terre est un ellipsoïde de révolution recouvert par la mer, la fluidité des eaux ne nuit en rien à l'effet des attractions du soleil & de la lune sur la précession & la nutation, en sorte que cet effet est entiérement le même que si la mer formoit une masse solide avec la terre. *Ibid.* 1777, p. 332.

(b) *Suprà*, p. 53.

repos. Mais pour que le ſommet de cette protubérance ſoit ſans ceſſe ramené vis-à-vis de la terre, il faut que la lune tourne peu à peu, en même tems qu'elle décrit ſon orbe, & que pendant la durée qu'elle y emploie, elle acheve une révolution entière autour d'elle-même. (*a*) M. d'Alembert (*b*) s'étoit déjà occupé dès 1754 & 1761 (*c*) de cette queſtion analogue à celle de la préceſſion des équinoxes; c'étoit un cas particulier de ſa ſolution générale. Il ne penſe pas, comme Newton, que la figure alongée de la lune ait pu produire ſa rotation: cet alongement n'eſt que de 186 pieds; c'eſt une bien petite cauſe pour un ſi grand effet. Quoi qu'il en ſoit, la figure de ce globe, les phénomènes obſervés dans le mouvement de ſes nœuds étoient aſſez ſinguliers pour que l'on fût curieux d'en connoître les cauſes. Elles furent le ſujet du prix donné en 1764 par l'Académie des ſciences de Paris, & remporté par M. de la Grange. M. de la Grange trouve qu'en conſéquence de l'alongement de la lune vers la terre, la lune eſt aſſujettie à une oſcillation autour de ſon axe, qui accélere ou retarde ſa rotation, & dont l'effet total & conſtant a été d'altérer cette rotation primitive, juſqu'à ce qu'il l'ait amenée inſenſiblement au point de l'égalité avec la révolution périodique; égalité qui eſt le phénomène le plus ſingulier de notre ſyſtême. Cette concluſion eſt vraiſemblable: l'analogie nous autoriſe à croire que quelle que ſoit la cauſe qui fait tourner les planetes ſur elles-mêmes, cette cauſe doit être générale & la lune n'a pas dû y échapper plus que les autres corps céleſtes. On concevroit avec peine comment une légère altération de figure dans la lune a pu lui créer un mouvement de rotation; mais

(*a*) Princip. math. Lib. III, Propoſ. 38.
(*b*) Rec. ſur le ſyſt. du monde, T. II. p. 256.
(*c*) *Ibid.* p. 243, & dans le ſecond volume de ſes opuſcules.

on conçoit que cette altération de figure a pu modifier la rotation, & amener l'identité des deux mouvemens. Cette figure alongée fournit encore l'explication d'un autre phénomène aussi extraordinaire ; c'est celui qui a été remarqué par Jacques Cassini. Les nœuds de l'équateur & ceux de l'orbite lunaire doivent reculer d'un pas égal, & dès qu'ils ont été vus au même lieu, ils ne doivent jamais se quitter *(a)*. M. de la Grange a même mandé depuis peu à M. de la Place que ce phénomène étoit si bien une conséquence immédiate de la théorie, que ses calculs le lui auroient fait découvrir, quand même il n'eût pas été reconnu par l'observation. M. d'Alembert a repris les premiers principes établis par lui en 1754 ; il les a développés dans deux mémoires en 1768 *(b)*, & les deux célebres Géometres se sont trouvés entiérement d'accord. Les phénomènes les plus singuliers sont donc les effets nécessaires de la gravitation ; ceux qu'on ne voit pas, deviennent les causes de ceux qu'on apperçoit. Cet alongement de la lune, qui est un effet nécessaire, mais inobservé de sa gravitation vers la terre, est la cause secondaire de sa constance à nous montrer la même face, & de la singularité observée dans les mouvemens de ses nœuds.

Voilà ce que la Géométrie a fait pour expliquer les phénomènes qui ont lieu sur les globes des planetes. Si nous passons au mouvement de ces globes dans leurs orbes, le même principe qui les enchaîne dans des ellipses, doit expliquer leurs écarts de la loi générale. On a examiné d'abord la lune, dont les inégalités sont plus sensibles & plus intéressantes ; d'ailleurs cette première solution devenoit générale, puisqu'on retrouve partout le problême des trois corps. Après la lune, il n'est

---

(a) Piece du prix pour 1764. *Suprà*, p. 54. (b) Mém. Ac. des Sc. 1768, p. 1 & 332.

point de planetes qui aient montré des écarts plus sensibles que Saturne & Jupiter; c'étoit donc par ces planetes que devoit commencer l'histoire de ces dérangemens. Ce fut le sujet de deux prix proposés par l'Académie des Sciences de Paris pour 1748 & 1752, & remportés tous les deux par M. Euler; M. Euler à qui l'on doit une des premières solutions du problême des trois corps; M. Euler qui a tout embrassé, & tout perfectionné dans l'analyse & dans la science du mouvement; aujourd'hui vieillard illustre, privé de la vue, mais conservant encore son génie, & glorieusement assis à la fin d'une longue carrière. Il résulte de la profonde théorie qui est renfermée dans ses deux solutions, que les inégalités de Jupiter & de Saturne naissent naturellement de leur gravitation mutuelle; elles forment plusieurs équations qui sont les quantités dont le mouvement régulier, elliptique, produit par l'action du Soleil, est troublé par celle de la planete voisine, c'est-à-dire, de Jupiter, lorsqu'il s'agit de Saturne, & de Saturne, lorsqu'il s'agit de Jupiter. Il y a une chose très-remarquable dans cette théorie; elle naît d'une difficulté du problême des trois corps, particulière à la question proposée. Quand on a traité des dérangemens que le Soleil cause à la Lune, le Soleil, quoique puissant est très-éloigné, le rapport de sa distance à celle de la Lune est toujours une fraction assez petite; & dans la nécessité des approximations on a l'effet de l'action perturbatrice par une suite de quantités qui diminuent successivement, mais assez rapidement pour qu'on puisse négliger les dernières. Dans le cas de Jupiter troublant Saturne, la distance mutuelle de ces deux planetes est souvent presque égale à celle de Jupiter même au Soleil; la fraction qui en résulte est très-grande & presque égale à l'unité. Alors la méthode d'approximation donneroit une suite de termes qui ne décroîtroient pas assez

vîte

vîte ; il faudroit en employer un nombre infini. M. Euler a levé cette difficulté de la manière la plus heureuse : l'idée appartient à l'histoire de la Géométrie ; nous n'en parlons ici que pour faire honneur au génie, & parce qu'elle a été la clef de toutes les recherches de ce genre. M. Mayer, Astronôme de Goettingue, a comparé cette théorie de M. Euler aux observations, & les observations ont montré qu'elle étoit conforme aux phénomènes, c'est-à-dire, que le calcul employant les petites équations de la théorie, représentoit mieux le mouvement de la planete. Mais ces dérangemens sont périodiques ; ils croissent, s'arrêtent, diminuent pour recommencer dans le même ordre, après vingt ou trente années. On n'y retrouve point l'inégalité par laquelle depuis vingt siecles le mouvement de Saturne se ralentit, tandis que celui de Jupiter est accéléré. Ces altérations constantes, & qui s'accumulent avec le tems, ont forcé les Astronômes, fidelles à suivre la nature, d'introduire dans leurs calculs des équations indiquées par cette même nature, mais dont la cause étoit inconnue. Ce sont ces équations qu'on nomme séculaires, parce qu'elles sont nécessitées par les siecles & qu'elles croissent avec eux. Comme la cause de cette inégalité est encore une question, nous n'en parlerons que dans le discours suivant ; nous indiquons ici les pas fermes & sûrs de la Géométrie, & nous ne rapportons que ses oracles.

Ces preuves sensibles, dans le mouvement de Jupiter & de Saturne, des perturbations que se causent mutuellement ces deux planetes, annonçoient que toutes les autres devoient avoir & des actions, & des inégalités semblables. Celle dont le mouvement nous intéresse le plus, est la Terre qui nous porte, ou le Soleil à qui nous attribuons son mouvement par une vieille erreur qui n'est plus que dans le langage. Le Soleil

donc est l'astre dont il nous est le plus important de connoître le mouvement apparent : ce mouvement est la mesure de tous les autres ; il n'y a presque point de calcul qui ne suppose un lieu du Soleil. Si nous manquons de Tables exactes pour le calculer, chaque pas que nous voudrons faire sera une erreur. Les Tables de cet astre sont un présent que M. de la Caille a fait à l'Astronomie & à son siecle ; elles sont assez bonnes pour effacer toutes les autres plus anciennes, & pour rester long-tems les meilleures. Mais la Terre doit obéir à l'action des planetes voisines ; Jupiter, Vénus, la Lune même peuvent déranger plus ou moins sa course annuelle, & ces dérangemens nous seront sensibles dans la marche apparente du Soleil. L'Académie des Sciences de Paris demanda pour le sujet du prix de 1756, la théorie de ces dérangemens. M. Euler, qui le remporta, prit un point de vue plus vaste ; il établit une théorie générale de l'action mutuelle de deux planetes quelconques l'une sur l'autre. La Terre troublée par Jupiter, Vénus ou la Lune, n'en étoit qu'un cas particulier (*a*). M. Clairaut traita aussi cette question dans un très-beau Mémoire ; il donna toutes les inégalités que ces trois planetes causent au mouvement de notre globe (*b*). M. de la Caille se hâta d'enrichir ses Tables du Soleil de ce nouveau moyen de perfection. Le calcul (*c*) devint encore plus conforme aux observations, & grace à la Géométrie, les résultats de la science humaine approcherent de plus près ceux de la nature. M. de la Lande appliqua cette théorie de M. Clairaut au mouvement de Mars, troublé d'un côté par Jupiter, & de l'autre par la terre. Ces inégalités peuvent monter à deux minutes (*d*), & par consé-

(*a*) Recueil des prix, Tome VIII.

(*b*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1754, p. 521.

(*c*) Mem. de l'Acad. des scienc. 1757 p. 116.

(*d*) *Ibid.* 1757, p. 204 ; 1761, p. 259.

quent ne doivent pas être négligées. M. Mayer y appliqua également la théorie de M. Euler, & trouva les mêmes quantités. M. de la Lande détermina ensuite les inégalités de Vénus; elles peuvent aller à trente secondes (*a*). Le P. Walmesley, Géometre Anglois, connu par plusieurs recherches analytiques, & entr'autres par celle du mouvement des apsides des planetes, a calculé ces inégalités de Vénus, & a trouvé des résultats conformes à ceux de M. de la Lande (*b*).

Tous ces dérangemens que les planetes se causent sont semblables à ceux que la Lune éprouve du Soleil; ce sont d'abord des inégalités dans le mouvement qui leur fait parcourir leur orbite; mouvement ralenti dans une partie de la course, & précipité dans l'autre: c'est ensuite un petit mouvement imprimé aux lignes des apsides & des nœuds, mais direct pour les apsides, & rétrograde pour les nœuds; c'est enfin un changement encore plus leger dans l'angle de l'inclinaison de l'orbite (*c*). Ces altérations plus grandes, plus sensibles dans l'orbe de la Lune, parce que le Soleil qui les produit est puissant, sont très-foibles dans les autres orbes, où elles sont dues à des planetes bien inférieures en force. Ce sont les mêmes effets, mais en petit.

Ces legers mouvemens des apsides & des nœuds des planetes sont plus ou moins d'accord avec les observations, parce que les observations sont plus ou moins incertaines sur la détermination de ces quantités, qui ne peuvent se manifester qu'en s'accumulant, & dont le tems amene & perfectionne lentement la connoissance. Mais comme l'industrie de l'homme se

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1760, p. 309.

(*b*) Transf. philosf. 1761, p. 300.

(*c*) Ce changement de l'inclinaison, produit par les perturbations étrangères, n'est sensible que dans l'orbite de la Lune; il est infiniment petit dans toutes les autres planetes.

replie pour aſſiéger la nature de tous côtés, cette induſtrie finit toujours par trouver quelque part les preuves des choſes dont elle a trouvé ailleurs les indices. Les nœuds de l'orbite de la terre, c'eſt-à-dire de l'écliptique, rétrogradent par la loi générale, ſur les orbites de Jupiter & de Vénus, en vertu de l'action de ces deux planetes. Si l'obſervation cherchoit directement les preuves de ce mouvement conſtant, mais lent, il faudroit des ſiecles pour les développer. Deux phénomènes connus & obſervables vont le manifeſter : l'un eſt le changement de la latitude des étoiles; l'autre eſt la diminution de l'obliquité de l'écliptique. Tout cercle tracé dans le ciel, a néceſſairement des relations avec les autres cercles de la ſphère; ces relations dérivent de ſa poſition actuelle: il ne peut changer à l'égard d'un de ces cercles, ſans changer de relations avec tous les autres. Notre écliptique coupe l'équateur, par exemple, en certains points, & ſous un certain angle, elle ne peut rétrograder & ſe mouvoir ſur l'orbite de Vénus & de Jupiter, ſans ſe mouvoir auſſi à l'égard de l'équateur, ſans le couper en d'autres points (*a*) & ſous un autre angle. Il réſulte de ce mouvement que l'écliptique s'approche ou s'éloigne de certaines étoiles, comme M. Caſſini l'a remarqué le premier en 1734 par les obſervations (*b*), & comme M. Euler l'a démontré en 1748 par la théorie (*c*). Les latitudes des étoiles ne ſont plus aujourd'hui ce qu'elles étoient au tems d'Hypparque & de Ptolémée, & elles ont augmenté ou diminué conformément

(*a*) Dès que les ſections de l'écliptique & de l'équateur, c'eſt-à-dire, les équinoxes ſont changées, la préceſſion conſtante des équinoxes doit être altérée par cette même cauſe; elle doit être différente dans les différens ſiecles, & n'eſt plus la même aujourd'hui qu'elle étoit il y a 2000 ans. La quantité de cette altération eſt très-petite, l'obſervation ſeule n'eût pu nous la dévoiler; c'eſt une lumière & un bienfait de la Géométrie.

(*b*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1734, p. 115.

(*c*) Piece du prix, p. 79.

à la cauſe indiquée par M. Euler. Voilà donc le premier phénomène qui nous révele le mouvement de l'écliptique. Ce n'eſt pas tout, nous avons dit que l'angle de l'écliptique avec l'équaquateur, l'angle que nous nommons l'obliquité de l'écliptique, devoit être altéré ; cette altération eſt une diminution. En effet, depuis Eratoſthènes & Hypparque, on a obſervé que l'obliquité de l'écliptique ſembloit devenir toujours plus petite; en ſorte que nous trouvons aujourd'hui vingt-trois minutes de moins ſur cet angle qu'Eratoſthènes. Quoique cette quantité ſoit ſenſible, on a diſputé long-tems ; les Aſtronômes ſe ſont partagés pour adopter ou pour nier cette diminution ; Mais on ne peut plus en douter, depuis que M. Euler a fait voir qu'elle étoit une conſéquence de la théorie (*a*). Voilà donc le ſecond phénomène qui conſtate le mouvement, d'ailleurs inſenſible, imprimé à notre orbite par l'action des aſtres voiſins. Cette diminution de l'obliquité de l'écliptique eſt réelle & conſtante dans les circonſtances actuelles où la terre ſe trouve à l'égard des planetes. Si l'obſervation & la théorie ſont d'accord pour conſtater l'exiſtence & la cauſe de cet effet, elles ne ſont pas dans le même cas relativement à ſa quantité: l'obſervation n'eſt pas plus d'accord avec elle-même que la théorie; elle varie depuis une minute juſqu'à trente ſecondes de diminution dans un ſiecle (*b*). Mais ces incertitudes ne doivent point étonner dans les obſervations; les anciennes ſont trop groſſières, les modernes ſont trop proches les unes des autres : nous avons beſoin d'un ſiecle encore pour fixer cette petite quantité. Ces incertitudes n'ont rien de plus ſingulier dans la théorie; on eſt obligé d'employer des élémens tels que

(*a*) Mém. Ac. de Berl. T. X, 1754, p. 320.

(*b*) M. Caſſini le fils nous a dit que ſes recherches ſur l'obliquité de l'écliptique, déterminée par les obſervations, tendoient toutes à le convaincre de plus en plus que la diminution conſtante eſt inégale, tantôt plus, tantôt moins forte dans le même intervalle de tems.

la maſſe de Vénus, qui ne peuvent être évalués que d'une manière hypothétique. On ne doit donc en attendre qu'un réſultat incertain & vague, du moins dans certaines limites; il paroît ſeulement que la théorie donne plus que l'obſervation. Cette différence appartient peut-être à quelque cauſe inconnue, ou à l'imperfection de nos méthodes. Les bornes de notre nature ſe retrouvent partout; nous n'avons des lumières que pour aller jusqu'à un certain terme, où ces lumières nous manquent, & où l'obſcurité commence. Mais en-deçà de ce terme où ſubſiſte une clarté vive & qui n'a rien de trompeur, nous pouvons dire que la diminution de l'obliquité de l'écliptique eſt un fait de la nature, & que ce phénomène appartient à l'action lente, mais durable des planetes ſur l'orbite de la terre. Une remarque intéreſſante de M. Euler ſur cet important objet, c'eſt que la variation de l'obliquité de l'écliptique eſt un phénomène périodique. Cet angle n'eſt point aſſujetti à une diminution éternelle; celle que nous obſervons eſt l'effet d'une oſcillation ou d'un mouvement libratoire. Arrivée à une certaine grandeur, l'obliquité de l'écliptique ceſſera de diminuer & commencera à augmenter, pour s'élever à la grandeur première dont elle eſt deſcendue. Il n'eſt pas poſſible de déterminer la quantité & la période de cette oſcillation; on peut dire ſeulement que la quantité doit être de pluſieurs degrés, & que la période doit embraſſer une multitude de ſiecles. Nous devons remarquer à l'honneur de Kepler, qui fut le fondateur de l'Aſtronomie phyſique & le précurſeur de Newton, qu'il avoit penſé que l'obliquité de l'écliptique, après avoir decrû pendant un très-long tems, s'arrêteroit pour remonter juſqu'à une certaine grandeur (*a*). Ce grand homme devinoit tout;

(*a*) Kepler Epit. Aſtr. Cop. Lib. VIII. p. 912. Mém. Acad. des Scien. 1734, p. 117.

cent cinquante ans après lui, on croyoit encore que ce changement étoit une diminution ſucceſſive. Il apperçut que ce n'étoit qu'un balancement & un mouvement libratoire. Un coup d'œil ſupérieur lui avoit révélé la raiſon & la marche de ces apparences, comme avant l'invention des lunettes, le même coup d'œil lui avoit fait annoncer la rotation du Soleil ſur ſon axe. Tant de vues toujours vaſtes & ſouvent vraies, ajoutées à de grandes découvertes qui ſont la baſe de l'Aſtronomie théorique, en ont fait un homme très-rare.

Après avoir examiné les perturbations mutuelles des planetes dans le grand empire du Soleil, il étoit naturel de porter ſes regards ſur le domaine particulier de Jupiter, où quatre petits aſtres ſuivent cette planete avec la même obéiſſance, & s'accompagnent dans des orbes aſſez ſerrés les uns près des autres, pour qu'une proximité fréquente les expoſe à des dérangemens répétés & ſenſibles. Nous avons expoſé dans le livre précédent ce que l'obſervation nous avoit appris des phénomènes propres à ces quatre ſatellites; un des premiers de ce genre eſt celui du mouvement des nœuds du quatrième, qui devant être rétrograde, ſuivant la théorie de Newton, étoit cependant direct ſur l'orbite de Jupiter. M. de la Lande expliqua ce phénomène d'une manière auſſi ſimple que vraie. Le nœud ſe meut ſur l'orbite de Jupiter par un effet ſecondaire. Quand un ſatellite en dérange un autre, quand les nœuds de ce ſatellite troublé rétrogradent, ſuivant la théorie, c'eſt ſur l'orbite du ſatellite perturbateur. Ce déplacement de l'orbite ne peut avoir lieu ſans en opérer un ſemblable ſur l'orbite de Jupiter; les nœuds y changent de place. M. de la Lande a fait voir par la trigonométrie ſphérique que le premier déplacement pouvoit être rétrograde, conformément à la théorie, tandis que le ſecond ſeroit direct, conformément à

l'obſervation (*a*). Jacques Caſſini avoit déjà fait voir que ſi, au lieu de rapporter à l'écliptique le mouvement des nœuds des planetes, on le rapportoit à l'équateur ſolaire, comme à un cercle plus conſtamment fixe, le mouvement rétrogade ſur l'une, pourroit être direct ſur l'autre (*b*). Chacun de ces ſatellites eſt pour Jupiter ce que la Lune eſt pour nous ; placés dans les mêmes circonſtances, ils doivent avoir le même ſort. Le Soleil doit donc troubler leurs mouvemens, comme il trouble ceux de la Lune, ſeulement avec une influence moins puiſſante, parce qu'il eſt plus diſtant de Jupiter que de la Terre, & que tout s'affoiblit en s'éloignant de la ſource du pouvoir.

Nous avons eſſayé nous-mêmes d'eſtimer ces perturbations : c'étoit le cas de la ſolution du problême des trois corps, & nous y avons appliqué celle de M. Clairaut ; il en réſulte que ces perturbations ſont legères. Une petite équation pour le quatrieme, un leger mouvement dans les lignes des apſides & des nœuds, voilà tout ce que la théorie indique (*c*). M. Euler en 1748, penſa que la figure applatie de Jupiter pouvoit changer très-ſenſiblement les loix de ſon attraction (*d*). Le P. Walmeſley eſt le premier qui en 1758 ait introduit cette conſidération dans le calcul, & nous, ſans connoître ſon travail, mais d'après l'idée de M. Euler, nous l'y avons également introduite en 1762 (*e*). Le P. Walmeſley a trouvé qu'il en réſultoit un mouvement très-ſenſible des nœuds & des apſides (*f*). En effet il ſuit du principe de la gravitation que ſi les parties de la matière, quelque petites qu'elles ſoient, s'attirent toutes en raiſon directe de leur maſſe, & en raiſon

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1762, p. 230.

(*b*) *Ibid.* 1734, p. 114.

(*c*) Bailly, Mém. Acad. des Scien. 1763, p. 121 & 172.

(*d*) Piece pour le prix de 1748, p. 10.

(*e*) Bailly, Mem. Acad. des Scien. 1763, p. 180.

(*f*) Tranſactions philoſophiques 1758, p. 809.

inverſe

inverſe du carré de leurs diſtances, les ſphères ſeules, dans le nombre infini des corps composés de ces molécules, & diverſement figurés, conſervent la même raiſon d'attraction, & attirent en maſſe, comme chaque molécule attire en particulier. Toute autre figure que la ſphère agit ſuivant une autre loi. Or nous avons dit (*a*) que ſi l'attraction ne décroît pas exactement, comme le carré des diſtances, il en réſulte néceſſairement un mouvement dans l'apſide, les nœuds en éprouvent un ſemblable. Les ſphéroïdes applatis des planetes different peu de la ſphère, la loi de la gravité eſt peu changée; mais dans les choſes de la nature, une legère différence peut avoir quelquefois de grands effets. Nous parlerons bientôt de ces effets. La grande queſtion étoit d'examiner l'action mutuelle de ces ſatellites les uns ſur les autres; nous en avons été occupés depuis 1761 juſqu'en 1766 (*b*). Cette queſtion parut aſſez importante à l'Académie des Sciences de Paris, pour en faire le ſujet du prix de 1766, prix qui fut remporté par M. de la Grange. Si nos recherches nous avoient fait entrer précédemment dans cette carrière, nous ne prétendons point, dans le compte que nous allons rendre ici, nous placer à côté de ce grand Géometre; nous diſons ſans modeſtie qu'il nous ſuffit de marcher à ſa ſuite. M. de la Grange s'eſt propoſé de nouveau le problême des trois corps; il l'a réſolu à ſa manière, avec ſon génie, & par une analyſe profonde & ingénieuſe. Pour nous, nous avons fait uſage de la ſolution que nous avions déjà employée pour déterminer l'action du Soleil; & le premier honneur de nos réſultats appartient à M. Clairaut. Si nous citons ici plus nos réſultats que ceux de M. de la Grange,

(*a*) *Suprà*, Hiſt. de l'Aſtr. mod. Tome II, page 501.

(*b*) Bailly, Mém. Acad. des Scien. 1763, p. 377.

c'eſt que notre bonheur a voulu que dans l'explication des phénomènes nous nous ſoyons toujours rencontrés avec ce célebre Géometre. C'eſt encore qu'étant Aſtronômes nous-mêmes, nous avons multiplié davantage les applications aſtronomiques.

La première difficulté de ce problême étoit ſa complication. C'eſt ici le problême des cinq corps, ſi on met à part l'action du Soleil ſur les ſatellites. Pour le réduire au problême des trois corps, il faut ne conſidérer qu'un ſatellite, qui tournant autour de Jupiter, eſt troublé dans ſa marche par un autre ſatellite. Alors ce problême n'eſt aſſujetti qu'aux mêmes difficultés qui ont été vaincues dans la théorie de la Lune, ou plutôt dans celle de Jupiter & de Saturne par M. Euler. La théorie de M. Clairaut y étoit applicable; c'eſt ce que nous avons fait. Mais les quatre ſatellites ſont dérangés à la fois, chacun d'eux l'eſt par les trois autres, il ſubit trois altérations différentes; lorſque ces altérations ont été conſidérées ſéparément, ſi pour une ſeconde approximation, on fait entrer dans le problême les vraies quantités avec les changemens qu'elles ont éprouvés, il en peut naître de nouveaux changemens, ou de nouvelles altérations qui ſoient du même ordre que celles qui ont été obtenues dans la première approximation. Cet inconvénient eſt un vice de la ſolution; car lorſque par un premier calcul, on cherche à connoître à peu-près une quantité, il faut être ſûr que tout ce qu'on néglige eſt fort inférieur à ce qu'on doit obtenir. C'eſt cette difficulté du mouvement de pluſieurs corps autour d'un autre, qui a été ſaiſie & réſolue par M. de la Grange: il a pris la queſtion ſous le point de vue le plus général; il a vu les quatre ſatellites ſe déranger à la fois, il a tenu compte de toutes ces altérations & de leur complication; enfin il a réſolu le problême des cinq corps. Si

cette considération n'a point fait connoître de nouvelles inégalités dans les mouvemens des satellites, il étoit essentiel d'être assuré qu'elle n'y changeoit rien. Le coup d'œil qui embrasse tout ce qui tient à la question, donne le dernier degré de confiance à une solution d'ailleurs élégante & profonde.

Une autre difficulté de cette recherche naissoit du défaut de connoissance des masses des Satellites; ce sont ces masses qui font leurs forces & qui reglent leurs attractions. Il semble donc que la théorie ne peut évaluer ces attractions & examiner leur conformité avec les phénomènes. Mais la Géométrie opere sur les quantités inconnues comme sur celles qui ne le sont pas. M. de la Grange & nous avons pensé que les phénomènes observés serviroient au contraire à déterminer la quantité de ces attractions & de ces masses. Effectivement la théorie a fait voir que le premier & le second satellite n'étoient assujettis chacun qu'à une équation considérable: quoiqu'il y en ait plusieurs, aucune autre ne peut entrer en comparaison. L'équation du premier est due seulement à l'action du second; l'équation du second est due à l'action combinée du premier & du troisieme. On sent qu'un satellite ne peut être sensiblement troublé que par le satellite qui est au-dessus, & par celui qui est au-dessous. L'équation du premier donne directement, & sans craindre d'erreur, la masse du second; M. de la Grange & nous l'avons trouvée de la cinquante millieme partie de la masse de Jupiter. Comme l'équation du second appartient à deux actions & à deux masses, elle ne suffit pas seule pour les déterminer; M. de la Grange a examiné différentes suppositions, & a montré les limites dans lesquelles ces masses devoient être renfermées. Pour nous, nous avons pensé qu'en considérant à la fois l'équation du second & le mouvement de ses nœuds, nous aurions deux quantités données par l'observation,

pour déterminer les deux masses. Avant de développer ceci, il faut rapporter la cause que nous croyons avoir découverte du mouvement des nœuds & de la variation des inclinaisons des satellites. Nous disons que nous croyons avoir fait cette découverte, parce qu'elle a été revendiquée par M. de la Lande. Ce n'est pas à nous à prononcer; le public jugera sur les titres (*a*).

La théorie enseigne que dans le cas des perturbations réciproques des satellites, le mouvement rétrograde des nœuds est en général assez considérable, tandis que les inclinaisons mutuelles de ces satellites sont sensiblement invariables. Mais une orbite ne peut rétrograder ainsi sur un autre, en faisant toujours le même angle avec elle, sans que l'angle ou l'inclinaison de la première sur l'orbite de Jupiter ne change, sans que les intersections ou les nœuds sur cette même orbite de Jupiter ne changent aussi. Il seroit difficile de suivre tous ces effets sans figures; mais il en résulte, par exemple, pour le second satellite, que tandis que ses nœuds sur l'orbite du premier rétrogradent constamment & parcourent le cercle entier dans l'intervalle de trente années, son inclinaison sur l'orbite de Jupiter diminue d'un degré pendant quinze années, & pendant quinze autres années augmente de la même quantité par un mouvement libratoire, semblable à celui qui a lieu pour l'obliquité de l'écliptique; de même les nœuds du second

(*a*) Les titres de M. de la Lande à cet égard se trouvent :
Mémoires de l'Acad. des scienc. 1762, p. 230.
Astron. Tom. I. p. 519, première édit.
Ses réclamations sont consignées :
Mémoires de l'Acad. des Scien. 1765, p. 605.
Journal des Savans 1766.
Astron. Tom. III. p. 263, deuxieme édit.
Lettre de M. d'Agelet; Recueil des Astronômes par M. Bernoully.
L'unique réponse de M. Bailly est dans les Journaux encyclopédiques de 1773.
Ses titres se trouvent :
Mémoires de l'Acad. des Scien. 1765, p. 499.
Essai sur la théorie des Satellites, 1766.

ſatellite ſur la même orbite de Jupiter ſeront rétrogrades pendant quinze ans, & directs pendant les quinze années ſuivantes, en ſe balançant autour d'un point fixe, qui eſt le nœud du premier ſatellite, & par une oſcillation analogue à celle que Thebith avoit jadis imaginée pour les étoiles, & qu'il avoit nommée mouvement de trépidation *(a)*. Mais ſon méchaniſme expliquoit un phénomène imaginaire; au lieu qu'ici il s'agit d'un phénomène véritable, bien conſtaté par les obſervations.

Telle eſt donc la cauſe de la variation de l'inclinaiſon des ſatellites, & du mouvement tantôt direct, tantôt rétrograde de leurs nœuds *(b)*. Pour que ces phénomènes aient lieu relativement au ſecond ſatellite, dans un eſpace de trente années, il ſuffit que ſes nœuds, en rétrogradant, parcourent l'orbe entier du premier dans le même intervalle de tems. Il faut donc que ces nœuds parcourent douze degrés dans une année. Nous allons voir ce que la théorie donne à cet égard. La principale ſource du mouvement des nœuds eſt la figure applatie de Jupiter; cet applatiſſement qui change la force centrale, donne annuellement à ces nœuds, en ſuppoſant que la matière de Jupiter ſoit homogène, un mouvement de 104° 9′ pour le premier, de 20° 34′ pour le ſecond, de 4° 2′ pour le troiſieme; enfin de 33′ pour le quatrieme. Ces mouvemens ont lieu ſur l'équateur de Jupiter; mais les obſervations ne permettent point de les admettre en totalité. Elles démontrent que les nœuds du premier ſatellite ſont ſenſiblement immobiles; elles indiquent que le mouvement des nœuds du ſecond ne peut jamais ſurpaſſer douze degrés. D'où réſulte évidemment la démonſtration de deux choſes qui n'avoient été juſqu'ici que ſoupçonnées. L'une que l'inclinaiſon de l'équateur

(a) *Suprà* Tome I, p. 227.

(b) Bailly, Mém. Acad. Sc. 1765, p. 499.

de Jupiter sur son écliptique, inclinaison que l'on avoit évaluée à trois degrés, mais par des conjectures qui n'étoient rien moins que décisives (*a*), est réellement à peu-près de cette quantité, ou plus précisément de 3° 4′, & égale à l'inclinaison du premier satellite; en sorte que ce satellite se meut dans le plan de l'équateur de Jupiter, & qu'il n'a point de nœuds qui puissent être déplacés sur cette orbite. La seconde conclusion est que la masse de Jupiter n'est point homogène. Nous avons déjà dit que dans le cas de l'homogénéité, l'applatissement de cette planete seroit de $\frac{1}{10}$e; l'applatissement observé de $\frac{1}{14}$e, prouve que la matière qui compose ce globe n'est point partout également dense. Nous avons tiré de la quantité de l'applatissement la loi des variations de cette densité; & au moyen de cette loi supposée, le mouvement des nœuds du second sur l'équateur de Jupiter, ou sur l'orbite du premier satellite qui s'y confond, s'est trouvé réduit à 9° 26′, au lieu de 20° 34′ (*b*). On voit que la nature nous a réservé des moyens pour démêler non seulement ce qui se passe sur les globes infiniment éloignés, mais encore dans leur intérieur. Nous voyons que la matière de Jupiter n'est point homogène par deux phénomènes observés qui ne permettent point de doute; nous en sommes peut-être plus sûrs que de l'hétérogénéité de notre propre globe. En conséquence de cette détermination, il ne reste des 12° du mouvement des nœuds du second satellite que 2° 34′, qui appartiennent à l'action du premier & du troisieme. Cette quantité comparée à l'inégalité du même satellite dans son orbite, inégalité qui est due aux mêmes actions, il n'est pas difficile de déterminer les masses qui y donnent lieu. Celle du premier est environ la vingt-cinq millieme partie, & celle du

(*a*) M. de la Lande, Astr. art. 3222.

(*b*) Bailly, Mém. Acad. Scien. 1766.

troisieme, qui est à peu près double, la treize millieme partie de la masse de jupiter (*a*).

Les phénomènes semblables dans l'orbite du troisieme satellite sont plus difficiles à déterminer par la théorie, parce qu'ils dépendent de la masse du second, aujourd'hui connue à la vérité, mais aussi de la masse du quatrieme, qui ne l'est pas, ou qui ne l'est que fort vaguement. L'action de ce satellite éloigné est si foible, qu'elle se mêle & se perd dans l'erreur inévitable des observations. L'inclinaison du troisieme satellite varie, comme celle du second; ses nœuds doivent avoir aussi un mouvement libratoire. On voit que la principale cause de ces effets étant la figure applatie de Jupiter, ils doivent avoir lieu sur son équateur, ou sur l'orbite du premier satellite qui y est confondu. En 1766 la période de ces variations n'avoit point encore été découverte par M. Maraldi. M. de la Grange l'avoit soupçonnée de 195 ans: nous l'avions évaluée de notre côté à 200 ans; l'observation nous a démentis. M. Maraldi a fait voir qu'elle n'étoit que de 132 ans: & si dans ces conjectures, où l'on cherche à anticiper sur les tems & à s'emparer d'avance de ce que l'avenir nous réserve, la foiblesse humaine avoit besoin d'excuse lorsqu'elle se trompe, nous aurions une consolation flatteuse de nous être trompés avec M. de la Grange; mais cette prophétie n'avoit été hasardée qu'avec les réserves nécessaires. C'est un point sur lequel nous reviendrons quelque jour. L'inclinaison du quatrieme satellite n'a point paru jusqu'ici varier sensiblement, mais elle variera; car tout dans l'univers est sujet aux mêmes loix, & les mêmes circonstances amenent partout les mêmes phénomènes. Nous voyons seulement que la période doit en être très-longue & de plusieurs

(*a*) Bailly. Mém. Acad. des Scien. 1766, p. 360.

ſiecles (*a*). Mais nous devons dire, pour la confirmation de ce que nous avons dit jusqu'ici, que la même théorie nous a donné, pour le mouvement direct des nœuds du quatrieme, une quantité de quatre minutes trente-une seconde par an, qui eſt préciſément égale à celle que M. Vargentin a établie, d'après les obſervations (*b*). La variation que l'on découvrira un jour dans l'inclinaiſon de ce ſatellite, le mouvement de ſes nœuds, qui doit être libratoire, naiſſent, pour la plus grande partie, comme les phénomènes ſemblables des autres ſatellites, de la figure applatie de Jupiter. Ces effets doivent avoir lieu relativement à ſon équateur, ou à l'orbite du premier ſatellite; d'où réſulte un phénomène remarquable & unique dans le ſyſtême du monde. Cette orbite eſt la baſe ou le centre de tous les mouvemens; les orbes du ſecond, du troiſieme & du quatrieme ſe balançant ſur elle, comme ſur un pivot, alternativement s'abaiſſent & s'élevent, tandis que les nœuds de ces ſatellites oſcillent comme trois pendules autour des nœuds du premier, dans des limites qu'ils ne peuvent franchir. Voilà la cauſe du phénomène ſingulier que nous avons déjà remarqué; l'obſervation a fait voir que les nœuds des orbes de chacun des quatre ſatellites étoient ſerrés dans un très-petit eſpace, & preſque dans le même point du ciel; ces nœuds ne peuvent pas s'éloigner les uns des autres, puiſqu'ils ſont aſſujettis au nœud de l'orbite du premier. Ce phénomène, depuis le tems que nous obſervons juſqu'aujourd'hui, a dû ſe montrer toujours à peu-près dans le même degré de l'écliptique de Jupiter. Mais comme le nœud du premier ſatellite reçoit lui-même de l'action du Soleil un petit mouvement rétrograde

(*a*) Bailly, Eſſai ſur les ſatellites de Jupiter, p. 143.

(*b*) Bailly, Mém. Ac. Sc. 1766, p. 262. Eſſai ſur les ſatellites de Jupiter.

ſur

ſur cette orbite, il s'éloigne inſenſiblement de ſa place, & emportant avec ſon orbe tous les orbes qui y ſont attachés, il parcourra l'écliptique de Jupiter, & tranſportera dans tous ſes points le phénomène ſingulier de cette libration (*a*). Si nous nous ſommes arrêtés, avec une ſorte de complaiſance, à décrire ces réſultats, nous eſpérons qu'on ne l'attribuera pas au deſir de parler de nous, ni de nos recherches; nous y avons été portés par la grandeur des objets, par la magnificence du ſpectacle de ces phénomènes variés & ſinguliers, & ſur-tout par la néceſſité de montrer l'accord du principe de la gravitation avec ces phénomènes. Nous ſuivons la nature, en écrivant une partie de ſon hiſtoire; & nos récits doivent être plus détaillés, lorſqu'elle eſt plus féconde & plus variée.

La nature, malgré cette variété, doit ſe retrouver la même quand elle ſe manifeſte dans des circonſtances ſemblables. Les orbites des ſix planetes principales ſont dans le grand ſyſtême ſolaire ce que les orbes des quatre ſatellites ſont dans le ſyſtême de Jupiter; on doit donc s'attendre à y retrouver les mêmes phénomènes. Nous l'avons dit, les nœuds de toutes les planetes rétrogradent. On avoit calculé ces changemens par la théorie de la gravitation: mais on les avoit conſidérés tous à part; & ces vues partielles ſont toujours fautives, ou du moins ſuſpectes. Les effets ſimultanés ſe compliquent & ſe modifient; ſi ces modifications n'ont point d'influence ſenſible, il faut s'aſſurer qu'elles n'en ont pas. M. de la Grange, au moyen de l'analyſe profonde qu'il avoit employée à la recherche du mouvement des nœuds des ſatellites, ſe trouvoit en état de ſuivre avec avantage celle du mouvement des nœuds des planetes. Il enviſagea la queſtion ſous le point de vue le

(*a*) Eſſai ſur les ſatellites de Jupiter, p. LI.

plus général : il fit marcher ensemble toutes les orbites ; & il suivit les effets à travers la complication des causes. M. Euler avoit annoncé que l'orbite de la terre, ou l'écliptique, est assujettie à un balancement, d'où il résulte une alternative de diminution & d'augmentation dans l'angle qu'elle fait avec l'équateur. Le même phénomène doit avoir lieu dans les cinq autres orbites. M. de la Grange a trouvé que l'action mutuelle de Jupiter & de Saturne, en faisant rétrograder leurs nœuds sur leurs propres cercles, donne à leurs nœuds sur l'écliptique un mouvement libratoire autour d'un point moyen, entiérement semblable à celui qui a été découvert dans les nœuds des satellites de Jupiter ; mouvement qui est de 26° degrés pour Jupiter, & de 64° pour Saturne. En même tems l'inclinaison de Jupiter sur l'écliptique est assujettie à une variation de 45', & l'inclinaison de Saturne a une variation de 1° 46' ; variations qui sont oscillatoires par des alternatives de diminution & d'augmentation, analogues à celles qui ont été remarquées dans les inclinaisons du second & du troisieme satellites, & à celle qui a été annoncée par M. Euler dans l'obliquité de l'écliptique. Ces oscillations des nœuds & des inclinaisons sont donc un phénomène général. Celles des orbes de Jupiter & de Saturne, dont nous venons de parler, s'accomplissent dans une période de 51150 ans ; & l'analyse de cette solution est assez rigoureuse pour que cette détermination soit certaine & pour les quantités, & pour la période qui embrasse tant d'années. Ainsi l'homme, qui vit aujourd'hui, qui n'a presque qu'un moment de durée sur la terre, à l'aide de la pensée, prévoit ce qui doit arriver à la nature dans cinquante mille années, lorsque lui, sa postérité, les empires florissans qu'il a vus seront passés & oubliés, & que même peut-être la race humaine n'existera plus. Cette puissance de se transporter

à volonté dans le tems, eſt un beau privilége dont l'homme a été revêtu par le génie.

Les dérangemens des orbes de Saturne & de Jupiter ſont les moins compliqués, parce que ces planetes ſont placées, comme à part, aux extrémités du ſyſtême ſolaire, parce que d'ailleurs elles ſont plus puiſſantes, & qu'il eſt plus difficile à de petites planetes de les maîtriſer. Mais les quatre autres, Mars; la Terre, Vénus & Mercure ſont plus rapprochées, elles ſont à forces égales; il en naît une complication plus grande qui demande des calculs longs & pénibles que M. de la Grange n'a point entrepris. Il ſe contente de donner la méthode & les formules (*a*); mais cette méthode eſt limitée, & c'eſt ici qu'à côté du génie de l'individu ſe trouvent marquées la foibleſſe & l'inſuffiſance des moyens de l'eſpece. Si quelques-unes de ces inclinaiſons ſont deſtinées à croître & à atteindre une certaine grandeur, la méthode, qui, pour uſer des reſſources actuelles de l'analyſe, a été obligée de conſidérer ces inclinaiſons comme très-petites, devient fautive & n'apprend plus rien. Il eſt donc poſſible qu'elle ne ſerve que pour un tems limité. L'homme pourra de pauſe en pauſe voir ſucceſſivement, & d'avance, différentes parties du chemin que fera la nature; mais il ne peut l'embraſſer en entier du point où nous ſommes : il n'a pas cette connoiſſance certaine qui le tranquilliſe, & ce coup d'œil prolongé dans le tems qui le flatte par la conſcience de ſa grandeur.

Mais ſi Saturne, Jupiter, toutes les planetes, les ſatellites mêmes ſe dérangent & troublent mutuellement leur cours régulier, elliptique autour de l'aſtre qui leur eſt donné pour centre de mouvement, les cometes, ces aſtres fugitifs, qui ne

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scienc. 1774, p. 97.

ſe montrent à nous que pour s'enfoncer enſuite dans le ciel & ſe cacher à nos regards, ſont-elles expoſées aux dérangemens qui ont lieu dans notre ſyſtême? Elles errent au loin dans des eſpaces ſi vaſtes, qu'il eſt probable qu'elles ne ſe rencontrent pas, & que ſolitaires dans ces déſerts du monde, elles y doivent conſerver un cours réglé. Newton s'étoit borné à rapporter les loix que le Soleil leur impoſe; il avoit enſeigné à trouver la parabole qu'elles ſemblent décrire dans la petite partie de leur orbe qui avoiſine le Soleil, puis l'ellipſe alongée qu'elles décrivent réellement, lorſque les dimenſions de cette ellipſe ſont données par le tems employé à la décrire (*a*). Halley, en découvrant la durée des périodes de deux cometes, avoit oſé annoncer le retour de celle de 1682 pour 1758; mais il remarqua que les retours paſſés de cette comete n'étoient point arrivés à intervalles égaux. Celui qui s'écoula de 1531 à 1607 fut de 76 ans & 62 jours; l'autre de 1607 à 1682 fut de 75 ans moins 42 jours. Il y avoit entre ces deux périodes une différence de plus de quinze mois: par la première, la comete pouvoit reparoître au mois de Novembre 1758; par la ſeconde, elle devoit reparoître plutôt, & au commencement d'Août 1757. Il y avoit donc une grande incertitude ſur le tems de ſon retour. Laquelle de ces deux périodes étoit la meilleure & la plus vraie? D'où naiſſoit leur différence? Voilà des queſtions importantes: Halley a entrevu les cauſes qui ſervent à les réſoudre; il ne lui a manqué que les moyens. Il montre que la force de Jupiter ſur Saturne ſuffit pour altérer ſa révotion d'un mois; combien cette altération ne peut elle pas être plus ſenſible dans une comete, qui s'éloigne quatre fois plus du Soleil que Saturne, & qui étant enchaînée par une force

(*a*) *Suprà* Tome II, p. 538.

moins grande, permet plus d'influence aux forces étrangeres (*a*). En 1681, peu de tems avant son apparition, la comete se trouva en conjonction avec Jupiter, dont la force sur elle étoit alors un cinquantieme de celle du Soleil. L'ellipse a été déformée; quelques-uns de ses arcs ont reçu une nouvelle courbure, laquelle combinée avec l'ellipse primitive, appartient à une courbe si composée, que, suivant l'aveu de Halley, elle surpassoit de son tems les forces de la Géométrie. Il conclut des degrés de vitesse que la comete a pu perdre, qu'elle ne paroîtra que vers la fin de 1758, ou au commencement de 1759. Si l'annonce de ce retour est une belle découverte de Halley, les limitations qu'il y ajoute par conjecture, lui font beaucoup d'honneur. C'est dans les appréciations que la justesse de l'esprit se déploie; il faut au-dedans plus de ressources, quand on a au dehors moins de moyens. Au défaut des méthodes qui dévoilent la vérité, c'est la force de l'esprit qui peut y suppléer par d'heureuses conjectures.

Mais quelqu'intéressante que fût la découverte de Halley; quelque probables que fussent les limitations qu'il avoit mises à son annonce, elles étoient si vagues qu'elles ne suffisoient pas à la Géométrie, qui n'est contente d'elle-même que lorsqu'elle démontre. Le moment du retour d'une comete devoit faire une grande époque dans l'histoire de l'Astronomie; il étoit nécessaire que l'esprit humain fût en état de se rendre compte de toutes les circonstances. Ce retour devoit être une preuve sensible pour la raison vulgaire; il devoit justifier Newton d'avoir assigné aux cometes des courbes fermées & des périodes réglées, comme en ont les planetes. Mais la raison éclairée est

(*a*) Halley, Tables des plan. éd. Franc. p. 55 & 17.

(*b*) Halley, Tables des plan. éd. Franç. p. 56.

plus difficile; il falloit pouvoir lui dire pourquoi ces périodes d'une même comete n'étoient pas toujours égales, & lui montrer les causes d'altération. Il falloit trouver le moyen de calculer ces altérations dans la période qui alloit finir; & d'annoncer avec plus de précision le retour de l'astre attendu. S'il est difficile d'évaluer les forces de la nature, pour prédire sa marche, ou prochaine, ou éloignée, l'Astronomie & la Géométrie y sont parvenues dans une infinité de cas : il n'y a pas un siecle que les cometes étoient regardées comme des météores allumés un instant, & destinés à s'éteindre; & lorsque le génie y a reconnu des planetes durables & périodiques, c'est encore une magnifique entreprise, que celle de soumettre au calcul l'arrivée des cometes, presque comme le tems des éclipses; c'est alors le génie qui complette l'ouvrage du génie. Les hommes ignorans, enclins à douter de tout ce qu'ils ne connoissent pas, ont besoin de ces preuves pour apprendre à respecter les sciences.

Cette entreprise fut tentée par M. Clairaut; il eut assez de courage pour n'en point être effrayé, & assez de talent pour obtenir un succès mémorable. Jupiter, troublant la comete dans son orbe autour du Soleil, étoit encore le cas du problême des trois corps; M. Clairaut y appliqua sa solution. Elle a un avantage précieux dans cette recherche; c'est que l'équation générale, comme nous l'avons dit, est composée de deux parties, dont la première exprime l'ellipse de l'orbite, l'autre les perturbations. Celle-ci peut donc être considérée à part, pour examiner les corrections qui doivent être faites en vertu de ces perturbations à l'orbite primitive & naturelle. Mais on sent que, quoique ce problême fût du même genre que celui de la Lune, traité si heureusement par M. Clairaut, l'orbite de la comete, entiérement différente de celle de la Lune, devoit offrir des difficultés

d'une autre eſpece, qu'il falloit ſurmonter par des adreſſes de calcul, & par les reſſources d'un eſprit vraiment géométrique. Sans doute la Géométrie avoit reçu de M. Clairaut lui-même, & des Géometres ſes contemporains, les forces qui manquoient à cette ſcience au tems de Halley; mais les difficultés étoient encore très-grandes. Premièrement dans les orbes peu excentriques des planetes, les rayons, les diſtances au Soleil varient peu; ces orbes aſſez voiſins font que la diſtance des deux planetes qui s'attirent, ne varie pas beaucoup, ou au plus comme deux à un, au lieu que dans l'orbite alongée de la comete, ces rayons, ces diſtances changent dans le rapport de ſoixante à un : l'expreſſion générale qu'il faut employer à chaque inſtant, en eſt donc d'autant plus compliquée, & moins acceſſible aux méthodes d'approximation. Secondement les planetes ſont preſque dans le même plan : ce qui ſe paſſe dans l'un de ces plans differe peu de ce qui a lieu dans l'autre; ici l'orbe de la comete eſt fort incliné, Jupiter la tire obliquement, & les réductions ne s'offrent encore que ſous une forme embarraſſante. M. Clairaut entra dans ce travail, perſuadé qu'il ne falloit conſidérer qu'une petite partie de l'orbite, c'eſt-à-dire, celle où la comete avoit été voiſine de Jupiter. Mais il vit bientôt qu'on ne devoit pas ſe borner à calculer l'action perturbatrice dans cette proximité; la même action ſe rendoit ſenſible dans tout le cours de la comete, & dérangeoit ſon mouvement aux extrémités mêmes de l'orbite. L'altération la plus conſidérable eſt celle qui naît de l'action de Jupiter ſur le Soleil, parce que Jupiter, en le déplaçant d'une petite quantité, donne à l'ellipſe de la comete un foyer un peu différent. Le calcul de l'attraction de Jupiter fit connoître que celle de Saturne ne devoit pas être négligée; ainſi le travail fut doublé. Il le fut encore d'une autre manière; M. Clairaut, pour s'aſſurer

du résultat, & pour prendre une juste confiance qu'il pût inspirer, trouva dans les apparitions de cette même comete des moyens de vérification. On connoissoit la longueur des deux périodes écoulées entre 1531 & 1607, entre 1607 & 1682; l'une de 76 ans plus 62 jours, l'autre de 75 ans moins 42ʲ. Si la géométrie peut montrer pourquoi la seconde période a été ainsi abrégée, elle méritera d'être crue lorsqu'elle déterminera la période entre 1682 & 1759, & lorsqu'elle annoncera le tems préfixe du retour. C'est ce qu'a fait M. Clairaut avec courage, sans être rebuté par la longueur des calculs ennuyeux & pénibles : il a trouvé qu'entre 1531 & 1607, l'action de Saturne s'est compensée ; les rétardations imprimées à la comete ont égalé les accélérations; Jupiter seul à accourci la période de 19 jours, qui, sans son action, auroit été de 76 ans & 81 jours. En même tems cette action a changé les élémens, de manière à rendre la période suivante plus courte de 31 jours, & par conséquent de 76 ans & 50 jours. Telle auroit été la période, si dans son cours la comete avoit été à l'abri des perturbations de Saturne & de Jupiter. Mais la force de la première planete a ralenti la marche de la comete, & a alongé sa période de 16 jours & demi, tandis que Jupiter, précipitant beaucoup plus cette marche, a rendu la période plus courte de 442 jours. La différence de ces deux effets $425\frac{1}{2}$, est la quantité dont la période a été réellement accourcie. Elle a donc dû être de 75 ans moins 12 jours & demi ; elle a été trouvée par l'observation de 75 ans moins 42 jours, c'est-à-dire, plus courte d'environ 30 jours. Voilà donc l'erreur qu'on peut commettre dans ces recherches; & encore M. Clairaut, pressé par le tems, n'a-t-il pu donner à ses calculs toute la précision qu'ils pouvoient comporter. Après cette épreuve, le célebre Géometre pouvoit se livrer avec

confiance

confiance aux calculs qui devoient lui donner la période de 1682 à 1758. Il trouva enfin qu'elle devoit être alongée de 100 jours par l'action de Saturne, & de 518 jours par celle de Jupiter. Au lieu de 75 moins 42 jours, elle devoit donc être de 76 ans & 211 jours; & comme la comete de 1682 avoit passé à son périhélie le 14 Septembre, elle y devoit repasser le 13 Avril 1759. M. Clairaut rendit compte de son travail dans l'assemblée publique de l'Académie, le 14 Novembre 1758; il exposa sa prédiction avec le ton modeste qui lui étoit propre, & en homme fait pour apprécier toute la délicatesse des opérations qui fondoient cette prédiction. » On » sent, dit-il, avec quels ménagemens je présente une telle » annonce, puisque tant de petites quantités, négligées néces- » sairement par les méthodes d'approximation, pourroient » bien en altérer le terme d'un mois, comme dans le calcul » des périodes précédentes (*a*).

L'erreur fut telle que M. Clairaut l'avoit soupçonnée; il y eut un mois de différence entre le retour prédit & le retour réel. La comete, qui se remontra dès la fin de Décembre 1758, fut dans son périhélie le 13 Mars 1759; M. Clairaut revit son calcul & réduisit l'erreur à 22 jours. De quelque maniere qu'on envisage cette erreur, soit qu'on la compare à la durée de la révolution, dont elle n'est que la 920^e^ partie environ, soit qu'on la compare à l'altération même de la période, dont elle seroit un 20^e^, quand on considere d'une part, qu'il a fallu suivre la comete à des distances énormes, calculer l'action répétée des planetes sur elle presque à chaque pas, & de l'autre qu'on a cependant tracé sa route & réglé sa marche, assez exactement

(*a*) Théorie des cometes.

pour fixer, à 22 jours près, le retour d'un aſtre, encore rangé au nombre des météores il y a un ſiecle, c'eſt le comble de la gloire pour l'eſprit humain, la preuve des progrès ſurprenans de l'Aſtronomie & de la Géométrie, l'épreuve la plus déciſive de la théorie de Newton, & en même tems le triomphe de M. Clairaut, qui a tiré de cette théorie ce que ce grand homme n'eſpéroit pas lui-même en tirer.

Comme M. Clairaut avoit ſoumis les cometes à ſa ſolution du problême des trois corps, M. d'Alembert, M. Euler, qui l'avoient réſolu comme lui, entrerent après lui dans la même recherche, & montrerent que leurs ſolutions permettoient les mêmes applications. Ces trois Géometres avoient la même clef: toutes les recherches étoient un concours; c'eſt à l'hiſtoire de la Géométrie à raconter ces différens efforts, & à comparer les méthodes.

L'Académie impériale de Pétersbourg propoſa cette théorie des cometes pour le ſujet du prix de l'année 1762; M. Clairaut le remporta, ou le partagea avec M. Jean-Albert Euler, fils du célebre Géometre, & déjà excellent Géometre lui-même, puiſqu'il partageoit un prix avec M. Clairaut. Celui-ci, ayant revu de nouveau ſes calculs & multiplié les plus petites attentions, réduiſit encore l'erreur à 19 jours. Il ajouta à ſa piece une recherche intéreſſante ſur la réſiſtance de l'éther; il fit voir qu'une ſeule révolution donne toutes les autres par un ſimple multiple, & que l'altération de la diſtance moyenne eſt preſque triple de celle qu'éprouveroit une planette dont la révolution ſeroit de 75 ans dans une orbite circulaire. Il en conclut que l'altération du moyen mouvement de la comete eſt environ deux cent fois plus grande que l'altération du moyen mouvement de la terre, ou de la durée de l'année; d'où l'on pourroit conclure que notre année n'étant accourcie

que d'environ trois minutes en 6000 ans (*a*), la durée de la révolution de la comete ne ſubit en 30 ans qu'un pareil changement, & qu'en 75 ans elle ne peut varier que d'un demi-quart d'heure. Si le retour obſervé a précédé le retour calculé, il ne paroît point que cette différence puiſſe être attribuée à la réſiſtance de l'éther; elle appartient ſans doute à l'erreur inévitable dans une longue ſuite de calculs. Peut-être auſſi pourroit-on croire que les actions de Jupiter & de Saturne ne ſont pas les ſeules qui ſoient ſenſibles ſur la comete; ſi Saturne, avec une aſſez grande maſſe, mais toujours fort éloigné d'elle, a pu la déranger, Mars & la Terre avec des maſſes plus petites, mais à une plus grande proximité, ont pu avoir quelque influence. Nous en allons donner une preuve. M. Euler le fils, dans la piece du prix, en établiſſant la théorie générale, ne s'attacha point aux applications que M. Clairaut avoit preſque épuiſées; il inſiſta ſeulement ſur une cauſe de dérangement, dont perſonne n'avoit parlé, c'eſt l'attraction de la terre ſur la comete, qui s'en trouva fort près en 1759. M. Euler montre que cette attraction a été ſuffiſante depuis le premier Avril juſqu'au 11 Mai, pour diminuer de $\frac{1}{360}$e partie le grand axe de l'orbite de la comete; ce qui peut la faire revenir quatre mois plutôt dans l'apparition prochaine. Mais le travail de M. Clairaut a fait voir qu'il ne ſuffiſoit pas de calculer les perturbations dans une petite partie de l'orbite: ſouvent, en ſuivant cette orbite entière, les altérations ſe compenſent ou ſe multiplient; & c'eſt leur ſomme qui change les phénomènes. M. Euler a fait dans cet ouvrage une remarque que nous devons rapporter, c'eſt que ſi la comete avoit eu une maſſe égale à celle de la terre, elle auroit produit un changement notable

(*a*) *Suprà* Tome I, p. 451.

dans le mouvement de notre globe : & comme on ne s'eſt apperçu d'aucune altération, il s'enſuit que malgré la grande proximité, elle a manqué de force pour agir ſenſiblement ; ce qui démontre la petiteſſe de ſa maſſe.

On juge bien que ſi les perturbations des planetes ont aſſez d'effet pour altérer ſi ſenſiblement la révolution d'une comete, elles doivent produire des altérations ſemblables dans la poſition de ſon orbite. Newton a montré qu'une force perturbatrice faiſoit avancer le périhélie & rétrograder les nœuds ; mais ces phénomènes ont lieu pour les planetes dont le mouvement eſt direct, c'eſt à-dire, qui marchent en ſuivant l'ordre des ſignes du zodiaque. Quant aux aſtres rétrogrades, comme la comete de 1759, les phénomènes doivent être contraires. Le mouvement des nœuds, par exemple, que nous avons toujours trouvé rétrograde dans les planetes, eſt ici direct ; en effet les obſervations montrent que de 1682 à 1759, les nœuds ont avancé de 2° 33′. Mais comme l'équinoxe a rétrogradé dans cet intervalle de 1° 4′, ces nœuds n'ont avancé réellement que de 1° 29′ ; & le calcul des perturbations de Jupiter & de Saturne, opérées pendant la période de 1682 à 1759, a donné préciſément à M. Clairaut cette quantité de 1° 29′ (*a*). Quoiqu'il y ait du haſard dans une conformité ſi exacte, il en réſulte l'accord le plus ſatisfaiſant ; c'eſt une vérification complette du principe de la gravitation. Toutes les planetes directes l'avoient juſtifié par leurs nœuds rétrogrades ; le ſeul aſtre rétrograde, qui ait été complettement obſervé, le juſtifie encore par le mouvement direct de ſes nœuds. Le ſyſtême, qui ſuit & retrouve toujours la nature dans

(*a*) Théorie des cometes, page 213.

ſes phénomènes contraires, doit renfermer le principe & le ſecret de ſes mouvemens.

Ce beau travail de M. Clairaut fut preſque le dernier de ſa vie; il fut enlevé aux ſciences & à ſes amis le 17 Mai 1765. Quoiqu'il ait ſans doute aſſez fait pour ſa gloire, on peut croire qu'au milieu de ſa carrière il n'avoit pas encore déployé toutes les reſſources de ſon génie.

Le portrait de M. Clairaut ſeroit celui du véritable Géometre. Un Géometre eſt un homme, qui entreprend de trouver la vérité, & cette recherche eſt toujours pénible, dans les ſciences comme dans la morale. Profondeur de vue; juſteſſe de jugement, imagination vive, voilà les qualités du Géometre: profondeur de vue, pour appercevoir toutes les conſéquences d'un principe, cette immenſe poſtérité d'un même pere; juſteſſe de jugement, pour diſtinguer entr'elles les traits de famille, & pour remonter de ces conſéquences iſolées au principe dont elles dépendent. Mais ce qui donne cette profondeur, ce qui exerce ce jugement, c'eſt l'imagination; non celle qui ſe joue à la ſurface des choſes, qui les anime de ſes couleurs, qui y répand l'éclat, la vie & le mouvement, mais une imagination qui agit au-dedans des corps, comme celle ci au-dehors. Elle ſe peint leur conſtitution intime; elle la change & la dépouille à volonté; elle fait, pour ainſi-dire, l'anatomie des choſes, & ne leur laiſſe que les organes des effets qu'elle veut expliquer. L'une accumule pour embellir, l'autre diviſe pour connoître. L'imagination, qui pénetre ainſi la nature, vaut bien celle qui tente de la parer; moins brillante que l'enchantereſſe qui nous amuſe, elle a autant de puiſſance & plus de fidélité. Quand l'imagination a tout montré, les difficultés & les moyens, le Géometre peut aller en avant: & s'il eſt parti d'un principe inconteſtable, qui rende ſa ſolution certaine,

on lui reconnoît un esprit sage ; ce principe le plus simple, offre-t-il la voie la plus courte, il a l'élégance de son art ; & enfin il en a le génie, s'il atteint une vérité grande, utile & long-tems séparée des vérités connues!

Aucune de ces qualités n'a manqué à M. Clairaut ; les preuves sont de l'histoire de la Géométrie, les succès seuls sont de notre ressort. L'Astronomie lui doit des progrès difficiles ; nous le jugeons ici par ce qui intéresse les hommes, & sur ce qu'il a fait d'utile. La théorie de la lune restée imparfaite dans les mains de Newton, le cours des cometes calculé, leur retour prédit, en rendant compte des causes qui le retardent ou qui le précipitent; voilà ce qui restoit à faire depuis Newton, depuis Halley ; & voilà ce que M. Clairaut a fait. Cela étoit difficile, puisque deux grands hommes y ont été arrêtés ; cela étoit utile, parce la connoissance des mouvemens de la lune amenera la perfection de la géographie & de la navigation, parce que la prédiction du retour des cometes caractérisera notre siecle & fera sa gloire. Le principal mérite de M. Clairaut fut le talent des applications : malgré son génie, il n'étoit point rebuté des détails ; il pensoit qu'une vérité de pratique étoit préférable à celles qui restent ensevelies dans vingt pages d'analyse ; aussi n'a-t-il fait que des choses utiles. Son nom a été connu, porté partout, & sera répété dans les âges. Si nous avons osé le louer, c'est que l'Astronomie lui doit de la reconnoissance, c'est que nous sommes au moment où la postérité commence pour lui. La vérité peut élever une voix franche & libre, & nous ne sommes que son organe.

M. du Séjour, ami & éleve de M. Clairaut, a consacré, comme lui, ses travaux à l'Astronomie. Jusqu'ici on n'avoit calculé les éclipses, soit pour les prédire, soit pour en tirer des résultats, que par des méthodes graphiques, ou par des calculs

trigonométriques : chaque éclipse exigeoit une solution particulière; M. du Séjour imagina de les réduire en formule algébrique, afin que la solution générale pût s'appliquer à tous les cas. Le calcul particulier d'une éclipse ne demande plus que la substitution des élémens qui lui sont relatifs. Cette équation générale appartient à chaque moment, à chaque phase de l'éclipse; & avec un nombre de phases bien observées, on pourroit avoir un nombre égal d'équations, qui, au défaut de la connoissance des élémens, ou dans le cas de quelque incertitude, serviroient à déterminer ces élémens. Par les méthodes ordinaires, chaque observation isolée conduisoit à une détermination à part; par la méthode de M. du Séjour, on peut employer à la fois toutes les observations, & les faire concourir ensemble à l'exactitude d'une détermination unique. Le mérite de cette analyse est encore celui des applications; elle a valu à son auteur la découverte de l'inflexion des rayons solaires dans l'atmosphère de la lune (*a*). C'est cette analyse qui lui a fourni le moyen d'appercevoir qu'au moment de l'éclipse solaire de l'année 1764, les Tables donnoient au soleil un diametre trop grand de cinq secondes (*b*). Ce diametre des Tables est déduit des observations, faites sur le soleil même au moyen du micrometre. Le soleil est alors dans tout son éclat; la lumière a la propriété de s'étendre & d'amplifier les images réelles des objets : le soleil ainsi mesuré, est donc entouré d'une couronne nommée l'*irradiation*, qui aggrandit son diametre; les éclipses le donnent tel qu'il est, & dépouillé de cette illusion optique.

(*a*) *Suprà*. p. 96.

(*b*) M. le Gentil a déterminé à peu près la même quantité par observation. Ayant mesuré le diametre du soleil avec un objectif verd & un objectif ordinaire, le verd lui donna 5″ de moins. Cet objectif coloré ne laissant passer qu'une couleur, il n'y avoit plus d'aberration.

Mémoires de l'Acad. des Scien. 1755, p. 437.

Une méthode, qui fait appercevoir & qui permet de mesurer ces différences, est précieuse dans la pratique; il est à souhaiter qu'elle soit généralement adoptée (*a*). M. du Séjour a encore appliqué le calcul analytique au phénomène de l'anneau de Saturne. Il s'agit de déduire des observations les élémens de l'anneau, c'est-à-dire, sa position à l'égard de l'écliptique, l'élévation du Soleil, nécessaire pour éclairer suffisamment l'anneau, & l'élévation de l'œil sur ce plan, pour appercevoir sa surface éclairée. Ensuite avec ces élémens connus, il s'agit de prévoir & d'annoncer les phénomènes futurs. Le calcul trigométrique suffit à ces recherches; mais il ne permet que des solutions particulières. M. du Séjour en a donné, comme des éclipses, une solution générale & complette (*b*).

M. du Séjour, en établissant les principes du calcul des éclipses, a discuté plusieurs questions physiques, relatives à ces phénomènes: & dans le nombre des problêmes qu'il a résolus, il en est un qui nous a paru mériter une place dans cette histoire; c'est celui par lequel il détermine la quantité de lumière que reçoit la lune lorsque tout son globe est plongé dans l'ombre de la terre. On sait qu'il est fort rare que dans cette circonstance la lune disparoisse entiérement; elle nous renvoie la lumière qu'elle reçoit du soleil à travers l'atmosphère terrestre. Il faut considérer la quantité des rayons qui lui parviennent, calculer leur affoiblissement & l'intensité de la lumière qui leur reste. M. du Séjour démontre, qu'après leur passage dans l'atmosphère, le logarithme de cette intensité est en raison inverse de l'élévation du barometre, au plus haut

(*a*) Elle est détaillée dans les mémoires de l'Académie des Sciences, années 1764 & suivantes.

(*b*) M. du Séjour, Recherches sur les phénomènes relatifs à la disparution de l'anneau de Saturne.

point

point de l'atmosphère terrestre où a passé le rayon lumineux. Avec ce principe, & en supposant les expériences de M. Bouguer sur les pertes de la lumière dans les masses d'air qu'elle traverse, il trouve que la lune apogée, entiérement éclipsée, reçoit au centre de l'ombre de la terre environ la 500^e^ partie de la lumière qu'elle reçoit directement du soleil. Cette quantité n'est qu'un 2500^e^ lorsque la lune est périgée (*a*).

Un autre genre d'utilité fit entreprendre un nouveau travail à M. du Séjour. Entourés, comme nous le sommes, de maux & de dangers, l'inquiétude souvent les multiplie; les sciences sont bienfaisantes quand elles consolent, quand elles tranquillisent les imaginations allarmées. Halley avoit pensé qu'il n'étoit pas impossible qu'une comete rencontrât notre globe, & que le choc ne nous devînt funeste. M. de Maupertuis avoit l'idée d'un autre danger, celui d'une comete, qui passant très-près de la terre, l'entraîneroit avec elle dans des régions éloignées du soleil, où elle seroit glacée & ses habitans détruits. Ces conjectures, hasardées dans les ouvrages des savans, n'avoient point percé dans le public. M. de la Lande reprit cette question de la rencontre d'une comete; il crut que son attraction à une petite distance pourroit élever des marées considérables, & submerger une partie de la terre. C'étoit l'objet d'un mémoire que M. de la Lande devoit lire à la rentrée publique de l'Académie des Sciences, à Pâque 1773. Mais cet Astronôme est trop habile & trop instruit pour avoir donné à de semblables raisonnemens plus de valeur qu'ils n'en doivent avoir : il ne parloit que de possibilités, encore très-difficiles; on lui fit faire des prédictions. L'ignorance qui

(*a*) M. du Séjour a encore calculé le rapport de la lumière cendrée dans les différentes élongations de la lune. On sait qu'on appelle *lumière cendrée* cette foible clarté qui nous fait appercevoir la partie obscure du disque lunaire dans le premier & le dernier quartier.

entend & répete mal, le goût du merveilleux qui exagere, firent répandre dans les cercles de Paris qu'il avoit annoncé la rencontre d'une comete; on en marquoit même le jour. Quelques esprits foibles furent allarmés. M. de la Lande fit imprimer son Mémoire, où il ne se trouva aucune prédiction, mais seulement quelques conjectures, réservées aux Astronômes qui savent les apprécier. M. du Séjour entreprit l'examen de ce prétendu danger par une analyse rigoureuse; voici ce qui en a résulté. Pour qu'une comete puisse rencontrer la terre, il faut deux conditions: 1°. que le point où son orbe coupe le plan de l'écliptique, soit à une distance du soleil égale à celle de la terre à cet astre; 2°. que la comete & la terre se trouvent précisément dans ce point, & à cette distance égale dans le même instant. Parmi toutes les cometes connues, il n'en est aucune qui coupe exactement l'orbite terrestre à cette distance déterminée; c'est déjà beaucoup. Mais il y en a quelques-unes, qui rempliroient cette condition, si l'on altéroit un peu leurs élémens. Il est sûr que ces élémens doivent changer par les loix de la gravitation; cependant M. du Séjour observe avec beaucoup de raison, qu'il y a loin de la possibilité, de la nécessité même d'un dérangement quelconque à la certitude que ce dérangement sera tel qu'il convient à la rencontre ou à une proximité nuisible de la comete & de la terre. Il faudroit qu'il suivît une certaine loi donnée, qu'il arrivât dans un certain tems donné & qu'alors la terre fût à un certain point donné de son orbite. Ces trois circonstances sont nécessaires pour la rencontre d'une comete; la probabilité qu'elles ne se réuniront pas est si forte, qu'on peut assurer hardiment que cette réunion, & par conséquent la rencontre n'aura jamais lieu.

En effet suppososns que le changement a eu lieu, & que

l'orbite de la comete coupe celle de la terre à la diſtance convenable : cela ne ſuffit pas, la ſeconde condition doit être remplie ; il faut encore que la comete & la terre ſe trouvent dans ce point commun de leur orbite. Or les élémens n'ont été altérés, pour remplir la première condition, que par un changement qui n'eſt point de nature à s'arrêter là ; le même changement répété éloignera pour jamais le danger qu'il avoit amené. Ce danger ne peut donc durer qu'un petit tems, & il faut que la terre qui parcourt un grand orbe dans une année, ſe trouve dans ce petit tems au point nuiſible, & & que la comete qui s'éloigne & revient lentement, dont la révolution embraſſe un grand nombre d'années, ſe trouve auſſi au même point dans ce même tems limité. Ces élémens s'alterent, la terre & la comete ſe meuvent par des forces différentes & diverſement combinées ; les effets ſe ſuccedent & s'accompagnent avec une marche différente. C'eſt cette différence de marche qui fait que tout ſe conſerve dans un monde où tout tend à ſe détruire. Il ne peut y avoir mouvement & action ſans réaction ; dès qu'il y a des forces oppoſées, il peut y avoir combat ; mais la diverſité des directions fait que ces forces ſe modifient ſans ſe détruire, & que dans l'immenſité de l'eſpace, où peuvent ſe croiſer tant de routes, les corps paſſent à côté les uns des autres ſans ſe nuire.

Après avoir montré que la rencontre exacte eſt comme impoſſible, M. du Séjour examine ce qui réſulteroit d'une grande proximité dans le nombre des cometes connues ; il n'y en a que ſept, qui aient approché de l'orbite de la terre plus près qu'un million de lieues ; ce ſont celles de 837, 1618, 1680, 1702, 1743, 1763, 1770, mais aucune n'eſt arrivée à une proximité nuiſible. La comete de 1780 eſt celle qui peut approcher le plus près de la terre, c'eſt-à-dire,

environ à 160000 lieues. La comete de 1770 en a le plus approché réellement ; mais elle étoit encore éloignée de 750000 lieues. M. du Séjour, pour se rassurer sur les prétendus dangers d'une comete, qui éleveroit des marées extraordinaires, ou qui nous entraîneroit avec elle, examine une comete hypothétique placée à 13000 lieues de distance; & il trouve qu'en forçant toutes les circonstances, une comete semblable ne pourroit jamais rester plus de deux heures & demie à cette distance. Or il fait voir que si l'on suppose, conformément à un théorême de M. d'Alembert, la terre entiérement couverte d'une couche fluide d'une lieue d'épaisseur, l'astre mettroit dix heures cinquante-deux minutes à produire son effet sur les marées. Mais 1°. la comete, dont le mouvement près de nous est toujours rapide, ne seroit qu'un instant perpendiculaire au même point de la terre; 2°. la terre n'est pas entiérement couverte d'eau, & cette circonstance change tellement l'effet des marées, que les mers méditerranées n'en ont point; 3°. enfin la comete ne seroit que très-peu de tems, & beaucoup moins de dix heures cinquante-deux minutes à une distance nuisible. Toutes ces raisons réunies élevent, suivant M. du Séjour, un préjugé légitime contre les désordres des marées, qui pourroient être produits par l'action des cometes (a).

M. du Séjour a examiné ensuite le second danger, & la possibilité qu'une comete entraînât la terre; il trouve qu'une comete égale en masse à notre globe, & placée à la distance de 13000 lieues,

(a) Essai sur les cometes.
M. du Séjour fait voir l'insuffisance de l'explication du déluge par la queue d'une comete. A l'égard de la comete de 1680, il montre que la plus grande proximité à la terre n'a lieu que dans la branche que cette comete décrit avant d'arriver au périhélie, dans le tems où elle n'a point de queue, & qu'après le passage au périhélie, après s'être revêtue de cette longue queue si long-tems effrayante, son éloignement de la terre a toujours excédé neuf millions de lieues. Il n'est guères croyable qu'à cette distance la queue d'une comete ait pu inonder la terre.

augmenteroit le grand axe de notre orbe de $\frac{1}{250}$e, & alongeroit l'année de deux jours dix heures. Cet effet deviendroit plus plus grand, à la vérité, ſi on augmentoit la maſſe de la comete; mais tous les phénomènes ont indiqué juſqu'ici que les cometes connues n'ont qu'une très-petite maſſe. Il y a loin de cet alongement hypothétique de l'année à un changement aſſez grand pour nous faire abandonner le ſoleil, & nous forcer à ſuivre un aſtre étranger. On a cru encore que la lune pouvoit avoir été une comete. M. du Séjour trouve que toutes les cometes, qui ont une vîteſſe ſenſiblement plus grande que celle de la terre, ne peuvent jamais devenir ſes ſatellites. A l'égard d'une comete, qui marcheroit avec une vîteſſe peu différente, M. du Séjour n'oſe prononcer ſur ce qui arriveroit; mais il remarque que, ſi une comete devenoit notre ſatellite, ce ne ſeroit pas pour long-tems. Son orbite primitive eſt autour du ſoleil; c'eſt le centre naturel de ſes mouvemens. Tout dans l'univers n'eſt que viciſſitudes & retours; lorſque la ſuite des révolutions rameneroit les mêmes poſitions reſpectives de la terre & de la comete, le ſoleil reprendroit ſur elle l'empire qu'il avoit eu précédemment, & la comete recommenceroit une nouvelle trajectoire autour de lui : d'où M. du Séjour croit pouvoir conclure que la terre ne doit point eſpérer d'acquérir un nouveau ſatellite, & qu'elle ne doit point craindre de devenir ſatellite d'une comete.

Comme le problême de déterminer le tems du retour des cometes, ſouvent troublées par des perturbations étrangères, eſt infiniment intéreſſant, comme on attend en 1790 une comete qui a pu être dérangée dans ſon cours, l'Académie des Sciences de Paris a cru devoir demander en 1780 une théorie des perturbations que peuvent éprouver les cometes; c'eſt abſolument le même problême dont M. Clairaut a donné

une ſolution. M. de la Grange a remporté ce prix ; & un homme comme lui ne peut reprendre un ſujet déjà traité, ſans employer de nouveaux moyens, ſans atteindre à une plus grande perfection. M. de la Grange a fait voir que les quadratures des courbes mécaniques ceſſoient d'être légitimement employées lorſque la comete étoit très-près de la planete perturbatrice ; il a été obligé d'y ſuppléer par une autre méthode : c'eſt le ſeul cas difficile de la ſolution. Quand la comete eſt éloignée, les perturbations ſont exprimées par des formules analytiques, qui n'exigent plus que des ſubſtitutions numériques, toujours ſimples & faciles. Si l'exactitude conſtitue la ſcience même, dans les choſes difficiles, la ſimplicité appartient toute entière au génie.

Ces recherches ſont pour fixer le tems du retour des cometes déjà connues ; celles qui ſe montrent une première fois demandent d'autres méthodes pour démêler dans les obſervations les circonſtances de leur mouvement, & les caractères qui le feront toujours reconnoître. Si la comete tournoit autour de la terre, il ſeroit facile de faire paſſer une parabole par les points donnés des obſervations. Mais la terre n'eſt pas au centre de ce mouvement ; c'eſt du ſoleil qu'on le verroit dans toute ſa vérité : nous ne voyons ici que des apparences compliquées du mouvement de notre globe. Il a donc fallu employer les approximations & les fauſſes poſitions. Newton marcha le premier & montra la route ; MM. Bouguer, Euler, Fontaine, Boſcowich, Walmeſley, ont donné après lui des ſolutions de ce problême. M. de la Place a une ſolution & une méthode qu'il va publier inceſſamment. M. du Séjour, qui veut bannir de l'Aſtronomie les fauſſes poſitions, a cherché une méthode approchée, mais directe & commode pour le calcul. L'inconvénient d'une méthode directe dans le cas préſent a toujours été

de donner des équations d'un degré fort élevé, & par conséquent difficiles & embarrassantes à résoudre : M. du Séjour partage en deux classes les équations qui résolvent le problême ; il considere à part & celles qui naissent de la position du plan de l'orbite, & celles qui dépendent de l'espece de la trajectoire. Cette séparation rend l'examen plus simple ; il arrive à une solution qui ne dépend que d'une équation du second degré, & les plus grandes difficultés sont écartées. Son moyen est d'employer le rapport des distances de la comete : il s'est aidé des recherches de M. de la Grange, en lui en faisant hommage ; & il a vu qu'en se servant du rapport des distances, au lieu de l'expression même des distances, le rapport étoit toujours linéaire. Mais la méthode de M. de la Grange demande que l'on choisisse des observations peu éloignées ; & il y a du danger à déterminer de grands élémens par de petites différences. M. du Séjour emploie tout, & les observations éloignées, & les observations intermédiaires ; celles-ci lient entr'elles les observations éloignées. On peut donc croire que cette solution sera exacte & utile : elle est susceptible d'une application commode, ce qui est un grand mérite ; & à cet égard, comme à plusieurs autres, le calcul astronomique aura été perfectionné par M. du Séjour.

D'autres Géometres ont encore mérité de l'Astronomie par leurs recherches ; ils ont éclairé différentes parties de la science. Dans une vue générale, nous ne pouvons détailler ni leurs travaux, ni leurs succès. M. le Marquis de Condorcet a appliqué une profonde connoissance du calcul intégral à une nouvelle solution du problême des trois corps ; mais le mérite en appartient plus à l'histoire de la Géométrie qu'à celle de l'Astronomie. M. l'abbé Boscowich a déterminé la courbe que suit le rayon de lumière dans l'atmosphère ; & après avoir

analysé en Géometre plusieurs phénomènes, comme poëte, il a chanté en vers latins les merveilles de l'Astronomie. M. l'abbé Frisi, Géometre d'Italie, a parcouru tous les sujets, a traité presque toutes les questions : le recueil de ses œuvres est un traité lumineux & complet des phénomènes célestes ; son ouvrage sur la gravitation est le seul où le systême du monde ait été développé dans toutes ses parties. Enfin M. Cousin s'est proposé un semblable développement dans un ouvrage qui va paroître incessamment, & qui a pour titre *Introduction à l'Astronomie*. Il y donne l'esprit des différentes méthodes géométriques, qui ont été employées aux recherches astronomiques. Ce livre nous a manqué pour le sujet que nous traitons ici : c'est en effet le tableau de l'influence de la Géométrie ; il montrera quels ont été les moyens des découvertes dans le systême du monde, & il en facilitera la connoissance à ceux qui voudront l'étudier.

Tels ont été les progrès de la Géométrie & ses bienfaits envers l'Astronomie ; tels sont les efforts des hommes qui ont illustré la science, leur siecle & eux-mêmes. Aujourd'hui ces deux sciences se touchent de si près, qu'elles semblent se confondre. Un Astronôme, pour être habile, a besoin d'être Géometre ; un Géometre, pour s'exercer sur de grands objets, doit avoir les connoissances d'un Astronôme. Une grande supériorité de nos siecles modernes est cette union des sciences, qui, dirigées vers un même objet, voyent mieux où elles vont, & marchent plus vîte. Nous ne distinguerons point ce qui est uni par la nature & par le génie. Astronôme dans l'observatoire, Géometre dans le cabinet, c'est toujours le même homme qui observe & qui médite, qui applique au ciel ou ses sens, ou sa pensée. Mais nous cherchons ici ce qu'auroit été l'Astronomie sans le secours des méthodes géométriques ; elle

eût fait tout ce qu'une ſcience peut entreprendre de faire avec un inſtrument de moins. Nous voyons dans le cours de cette hiſtoire les différens états par où la ſcience a paſſé, &, pour ainſi-dire, les transformations qu'elle a ſubies. Aujourd'hui l'Aſtronomie eſt géométrique : mais auparavant nous voyons une Aſtronomie ſans Géométrie; avant celle-ci, une Aſtronomie ſans téleſcope; & plus loin dans le tems, une Aſtronomie ſans inſtrumens. Que peut-on connoître, quand on ne peut rien meſurer? Les eſtimations les plus groſſières ſont l'ouvrage des générations; les individus, les peuples diſparoiſſent, & l'eſpece qui dure n'a preſque rien acquis. C'eſt dans ces premiers commencemens qu'on a cru la révolution de la lune de 28 jours, l'année de 365, & les périodes des planetes dans une incertitude proportionnée. Quand les inſtrumens furent inventés, on put faire plus en moins de tems : on détermina l'obliquité de l'écliptique, la grandeur des degrés de la terre; on ajouta un quart de jour à l'année; les heures & les minutes furent employées pour eſtimer les révolutions. Ces meſures ont été recommencées à chaque fois que les inſtrumens ont été perfectionnés. Enfin les lunettes ouvrirent un nouveau ciel, & apporterent de nouveaux moyens de meſurer avec une préciſion ineſpérée; mais ces meſures exactes ne ſuffirent pas encore. Tout eſt complication dans les apparences céleſtes. Les phénomènes ſe préſentent en maſſe; il n'en eſt point qui ne tienne à pluſieurs cauſes particulières, dont les effets ſont mêlés. Sans doute avec la durée, la nature entière peut ſe développer, il n'y a qu'à l'obſerver ſans ceſſe, tenir un regiſtre fidelle de tous ſes mouvemens; ſes périodes ſeront découvertes, & ſes loix les plus apparentes ſeront manifeſtées.

C'eſt ainſi que l'Aſtronomie peut marcher ſeule & ſans aide. Mais elle eût toujours dépendu du tems, elle feroit

l'œuvre de la patience ; il n'eſt preſque point de découverte qui ne lui eût coûté des ſiecles. C'eſt ce qui eſt arrivé aux anciens; ils ont aſſez bien connu les révolutions des aſtres & leurs principales inégalités. Mais ſans compter les ſiecles du peuple antérieur, les Chaldéens ſeuls y ont employé plus de deux mille années, & ils n'ont pu aller plus loin. Le détail des choſes eſt un labyrinthe où il eſt néceſſaire d'avoir un fil ; & ce fil eſt ici la connoiſſance, ou du moins le ſoupçon des cauſes. Mais comment ce ſoupçon peut il conduire à une vraie connoiſſance, ſi l'on n'a une balance de comparaiſon, où les effets & les cauſes puiſſent être amenés à l'équilibre, & où on voye clairement que les effets démontrent ce que les cauſes annoncent.

Cette balance, où elles ſont appréciées, eſt la Géométrie. Lorſque le génie de Copernic eût rétabli les planetes dans leur véritable ordre ; lorſque Kepler, occupé à ſuivre de près leurs mouvemens, les vit s'écarter de la forme circulaire, ſi chère à l'antiquité, le premier bienfait de la Géométrie fut de lui fournir une courbe qu'il pût ſubſtituer au cercle, une ellipſe où ces mouvemens fuſſent renfermés. Ce premier ſecours étoit déjà important ; ſi l'ellipſe n'avoit pas été connue, on auroit été obligé de déterminer l'inégalité, ſes accroiſſemens, ſes diminutions, en les ſuivant pied à pied par obſervation. Que de tems pour cette ſuite d'obſervations, que d'erreurs viennent s'y mêler ! Il eût fallu recommencer cent fois. Le déſeſpoir que Kepler ſentoit de ne pouvoir expliquer les mouvemens de Mars, prouve quelle en étoit alors la difficulté. Ce déſeſpoir eût été celui des Aſtronômes & des ſiecles. Lorſque la Géométrie montra que Mars ſe mouvoit dans une ellipſe, elle revela une loi générale. Ce n'eſt pas ſeulement la planete de Mars, qui a été ſoumiſe au génie de Kepler, ce ſont toutes les planetes alors

connues & découvertes depuis. Cette généralité est l'avantage inestimable de la Géométrie; c'est à elle qu'il faut demander la cause de ces effets semblables. Kepler vit bien qu'il y en avoit une qui renfermoit les planetes dans des ellipses: il soupçonna même qu'elle résidoit dans le soleil; mais la Géométrie n'étoit pas alors assez avancée pour cette vaste comparaison de tous les effets avec une cause unique. Les philosophes auroient pu la soupçonner, comme Kepler: le génie auroit proposé des vues supérieures; mais que sont toutes ces vues, lorsqu'elles ne peuvent être vérifiées? L'esprit reste dans l'incertitude: il hésite entre le sentiment de sa force & l'expérience de sa foiblesse; entre cette foiblesse qui l'expose à des erreurs, & cette force qui l'a souvent élevé aux plus hautes connoissances. Lorsque la Géométrie fut devenue plus puissante entre les mains de Descartes & de Newton, ce dernier, comme philosophe, entrevit la loi; & comme Géometre, la balance à la main, il demanda aux phénomènes l'intensité de cette loi, & son poids sur l'univers. La même balance lui permit de faire les comparaisons particulières; il n'eut plus qu'à parcourir les sphères, & à peser l'influence modifiée de la loi avec les effets observés. Mais il ne put achever cette entreprise, & parce qu'elle étoit trop vaste pour un homme, quelque grand qu'il fût, & parce que l'instrument même n'étoit pas assez perfectionné. Il l'a été, il le sera peut-être encore; & c'est ici que les avantages de la Géométrie se multiplient. La connoissance & l'explication des grands faits ne suffisent pas; c'est dans les détails que l'Astronomie a encore plus besoin d'un guide. Si les planetes décrivent des ellipses, elles en sont continuellement dérangées: la Lune, Saturne, Jupiter, ses satellites en offrent des exemples; leurs orbes mêmes sont en mouvement. Les cometes ont des périodes, mais inégales. Quels seroient les hommes, quel seroit le tems

qui eussent conduit l'obſervation à un degré ſuffiſant de certitude ſur toutes ces déterminations? Une loi ſimple produit un chaos d'effets. Les inégalités, qui naiſſent de la loi même, forment un dédale où l'eſprit humain ſe fût perdu. Chaque molécule de la matière a ſon action dans le grand tout, & ſon rôle ſur la ſcène du monde; & c'eſt dans la mêlée de toutes ces puiſſances qu'on doit juger les efforts & apprécier les produits. Il a fallu un calcul aſſez fin pour ſaiſir ces molécules, malgré leur petiteſſe, & pour eſtimer leur foible énergie; il a fallu enſuite un art de réunir ces actions en maſſe, comme a fait la nature pour produire des effets ſenſibles. Cette faculté accordée à la vue de l'eſprit, de voir ce que les ſeuls organes phyſiques n'auroient pu démêler, cette profondeur de recherches, qui ſemble une eſpece de divination, ne ſont pas les uniques avantages de la Géométrie. Avec elle, l'homme fait plutôt, & il eſt plus sûr de ce qu'il fait; économie dans le tems, repos dans la poſſeſſion de la vérité, voilà ce qu'il doit encore à la Géométrie. La nature peut ſe développer lentement, tout confondre, & tout compliquer, pour ſe cacher; l'homme devancera toujours les ſiecles, & il marquera ſes œuvres du ſceau de la certitude.

HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS IV.

Conjectures & Opinions physiques.

Les conjectures, les opinions doivent avoir une place dans les connoissances des hommes; elles font la nuance entre les fables & les vérités: elles appartiennent aux unes par le défaut de preuves suffisantes; elles approchent plus ou moins des autres par leur vraisemblance. Si on retranchoit ces rameaux naissans sur l'arbre de nos connoissances, on priveroit l'avenir des fruits que plusieurs de ces rameaux peuvent produire. Il en est des idées comme des germes que la nature répand avec profusion; un grand nombre périt avant de mûrir: mais au moment qu'ils se développent, on ne peut distinguer ceux à

qui elle destine une longue vie. Les hommes sont portés à conjecturer par le desir de connoître : ils veulent avoir une opinion sur toutes les choses ; & lorsque la chaîne des vérités ne peut les y conduire, ils suppléent aux vérités qui manquent par des vraisemblances qui les représentent. Au moyen de ces opinions particulières, & de liaisons en partie vraies, en partie hypothétiques, ils ont une idée pour chaque fait de la nature, & une idée générale pour la nature même. Quand on considere le Soleil, qui, placé au centre de notre systême, semble se consumer pour nous éclairer ; les planetes pesantes qui roulent autour de lui, la Lune qui accompagne la Terre, les satellites qui entourent Jupiter & Saturne, l'anneau singulier dont cette dernière planete est environnée, ces étoiles qui brillent dans l'obscurité des nuits ; & ces espaces d'une lumière pâle & blanche, ou semés dans le ciel, ou réunis en zone pour former la voie lactée, un grand nombre de questions se présentent à un esprit curieux.

On desireroit savoir l'origine de ces merveilles, leur usage & leur destinée dans un monde qui doit avoir commencé, qui change sans cesse, & qui doit finir un jour ; on voudroit comparer ces différens objets, & les connoître l'un par l'autre. Nous avons déjà dit ce que les probabilités permettent de répondre sur la grande comparaison de l'astre brûlant & lumineux avec les astres opaques qu'il éclaire ; mais il est d'autres questions intéressantes.

Pourquoi trois de nos planetes ont-elles des satellites? D'où vient l'anneau de Saturne ? Quelle est la cause qui les a produits, & qui les assujettit à ces planetes ? Pourquoi les six planetes & les dix satellites se meuvent-ils tous dans le même sens, d'occident en orient? Pourquoi ces mouvemens s'accomplissent-ils dans une bande étroite du ciel ? Pourquoi la rota-

tion de la terre sur elle-même, & celle qui a été observée dans plusieurs autres planetes, s'accomplit-elle encore dans ce même sens, d'occident en orient? Ces mouvemens se conservent-ils dans leur entier, lorsque rien ne dure dans les choses créées? La rotation est-elle constante, & n'est-elle pas sujette à quelque inégalité, comme les autres mouvemens de l'univers? Les altérations que les planetes se causent mutuellement, se rétablissent-elles toujours à chaque révolution, & n'ont-elles pas des effets plus durables? Les espaces célestes où les astres se meuvent, sont-ils entiérement vides de matière, & si l'éther les remplit, ce fluide, quelque rare qu'il soit, ne peut-il pas résister au mouvement? La forme des orbites des planetes est-elle inaltérable? Si les cometes ont des retours périodiques, est-il sûr qu'elles en aient toutes, & qu'il n'y en ait aucune qui s'écarte, à cet égard, de la loi générale? Quelle est la nature de leurs queues, celle de la voie lactée, & de ces espaces d'une lumière terne que l'on voit dans le ciel, & auxquels nous avons donné le nom de nébuleuses? Le soleil, qui régit tout au centre de notre systême, est-il réellement immobile? Cette force, cette attraction, qui produit tant de phénomènes dans ce systême, & sans doute dans l'univers, est-elle en effet une cause primordiale?

A ces questions hardies, dont quelques-unes resteront insolubles, quels que soient les progrès du tems, dont les autres ont plus ou moins besoin de sa lumière, le sage répondroit peut-être, *je ne sai*: mais l'homme passionné, dévoré du desir de connoître, irrité par les barrières que la nature lui oppose, ne se contentera point de cette réponse; il osera imaginer, deviner; il jugera ce qu'il ne peut voir par ce qu'il a vu, & traçant un plan à son activité inquiete, il saura du moins où & comment il doit chercher. Si les hommes avoient

toujours écouté cette raison circonspecte, ils n'auroient jamais devancé le tems; la vie des individus & des peuples mêmes eût été trop courte pour une marche si lente. La sagesse tranquille, qui n'a que des desirs modérés, est une vertu dans la morale: mais l'inquiétude est le principe du mouvement des esprits; les passions ont tout fait sur la terre. Le besoin de connoître & celui de la gloire ont précipité les pas des sciences; sans les passions, la société seroit encore telle que dans l'état sauvage, & les sciences à leurs premiers commencemens.

Dans les réponses que l'on a faites aux questions que nous venons de rapporter, il a été souvent plus facile d'exclure des causes que d'en imaginer : c'est le premier degré des connoissances; & souvent nous y sommes restés. M. de Maupertuis a tenté d'expliquer la formation de l'anneau de Saturne, & celle des satellites. On sait que les cometes, sur-tout lorsqu'elles reviennent de leur périhélie, traînent après elles de longues queues, qui, suivant l'opinion de Newton, sont des torrens immenses de vapeurs que la chaleur du soleil a fait exhaler de leur substance. Si une comete passe très-près de quelque grosse planete, l'attraction de cette planete pourra détourner ce torrent, & le déterminer à circuler autour d'elle; voilà l'anneau. Le corps même de la comete pourra être entraîné, forcé également de circuler; & la planete aura un satellite. On sent cependant que la planete peut avoir un anneau sans satellite, si le corps de la comete résiste par sa masse, & ne perd que la colonne de vapeurs exhalée de son sein, comme la comete peut avoir un satellite sans anneau, si la comete qu'elle attire & dont elle s'empare, n'a point assez approché du Soleil pour acquérir cet ornement, qui a si long-tems effrayé les peuples de la terre. Saturne est la seule planete qui ait un anneau; le nombre de ses satellites peut faire croire qu'il a été acquis

aux

aux dépens de plusieurs cometes (*a*). Cet anneau seroit donc formé des dépouilles de cinq cometes ; dépouilles placées les unes près des autres, & qui contribuent à former sa largeur. L'observation pourroit appuyer cette idée, puisqu'elle a fait voir une duplication dans la largeur de l'anneau. M. du Séjour (*b*) incline même à penser que cet anneau est formé de plusieurs couches concentriques qui se meuvent séparément, & avec des vîtesses différentes. Mais cette idée ingénieuse de M. de Maupertuis a été détruite par la Géométrie. M. du Séjour a montré que les planetes n'avoient pas le pouvoir de forcer les cometes à devenir leurs satellites, ou du moins le pouvoir de les garder. Il faut donc croire que les satellites de la Terre, de Jupiter & de Saturne, qui restent à jamais sous la loi de leur planete principale, y ont été assujettis dès l'origine des choses. La raison de cet assujettissement tient sans doute à la première raison de l'existence qui nous sera toujours inconnue. Quant à l'anneau, M. de Mairan pensoit que Saturne avoit été originairement un globe beaucoup plus considérable, & que l'anneau est l'équateur de l'ancienne planete. Mais ce n'est pas tout d'imaginer une destruction opérée, il faut pouvoir lui assigner une cause qui en fasse concevoir la nécessité. M. de Buffon (*c*) croit que lorsque la planete étoit encore liquide, les parties de l'équateur se sont élevées par un excès de la force centrifuge sur la pesanteur, & qu'en se durcissant, elles sont restées ainsi suspendues à quelque distance de la planete. L'anneau de Saturne seroit donc semblable à la protubérance qui éleve notre équateur ; seulement cette protubérance, par un effet particulier à Saturne, se seroit éloignée & détachée du

(*a*) Maupertuis, Figure des astres, p. 124.

(*b*) Essai des phénomènes relatifs à l'anneau de Saturne, pages III. & XXV.

(*c*) Histoire naturelle *in*-12, Tome I. p. 222.

globe. Quoiqu'on ignore par quel méchanifme cette féparation a pu être effectuée, cependant, comme la force centrifuge eft la caufe de ces élévations & de l'altération des formes fphériques, on peut foupçonner cette caufe dans la formation de l'anneau, fans pouvoir dire comment elle a agi. M. du Séjour obferve que le même méchanifme, qui a produit la formation de l'anneau, doit préfider à fa confervation. L'opinion, qu'il fe foutient à la manière des voûtes, ne peut fubfifter; M. du Séjour penfe que la gravité, toujours agiffante, ne manqueroit pas de le détruire. D'ailleurs, fi les planetes ont été originairement fluides, l'anneau liquide fe feroit réuni par la pefanteur au globe de la planete. Il faut croire que cette force a été contrebalancée par une force centrifuge; il en faut donc conclure que l'anneau a un mouvement de rotation affez rapide. Il faut conclure encore que cet anneau, plan & mince, ayant les différentes parties de fa largeur différemment éloignées du centre de Saturne, ces parties qui pefent plus ou moins, à raifon de leur diftance, doivent fe mouvoir plus ou moins vîte, pour oppofer toujours à la pefanteur une force centrifuge qui lui foit égale. La largeur de cet anneau doit donc être compofée de plufieurs zônes contiguës, qui font leurs révolutions autour de Saturne dans des tems différens. (*a*). Cette conjecture très-probable revient à l'idée de Jacques Caffini, qui penfoit que cet anneau étoit compofé d'une infinité de fatellites, affez ferrés les uns contre les autres, pour ne point laiffer d'intervalle fenfible entr'eux, & marchant enfemble à pas mefurés & fans fe quitter. Cet exemple prouve qu'il peut y avoir quelque chofe de vrai dans des conjectures peu vraifemblables. L'idée de fatellites, qui marchent enfemble de concert,

(*a*) Effai fur les phénomenes de la difparition de l'anneau de Saturne, p. 401.

ne pouvoit pas être admise; mais elle n'a plus rien qui choque, lorsqu'on substitue à chaque rang de satellites une zone continue. On conclut encore de ces considérations que Saturne doit avoir un mouvement de rotation sur lui-même; parce que si la matière de son anneau a reçu ce mouvement, on ne voit pas pourquoi celle de son globe en seroit privée. Ainsi il a une révolution diurne, comme la Terre, Jupiter, Mars, Vénus, la Lune, & comme son anneau.

La seconde question a pour objet le mouvement de nos planetes, qui se fait dans le même sens, & dans des plans presque circulaires & peu inclinés sur l'écliptique. On peut demander la cause de ces conformités; ou du moins si ces conformités en ont une. Ce fut le sujet du prix de l'Académie des Sciences de Paris, partagé en 1734 entre deux pieces, dont les auteurs étoient le célebre Jean Bernoully & son fils, M. Daniel Bernoully, alors jeune héritier du nom & du génie de son pere. M. Daniel Bernoully observe que toutes les planetes sont renfermées dans une zône du ciel, qui contient à peu-près la dix-septieme partie de la surface de la sphère. Or si l'on considere les six planetes lancées au hasard dans les espaces célestes, il y a 1419856 contre 1 à parier que les cinq orbites ne seront point resserrées dans cette zône, & n'auront point la position qu'elles ont à l'égard de la sixieme, ou de l'orbite de la terre. M. Bernoully en conclut que cette position ne peut être l'effet du hasard; elle est l'effet d'une cause commune aux planetes, & qui les a toutes forcées de se mouvoir dans le même sens, & dans des orbites peu différentes (*a*). On a objecté que les probabilités ne devoient pas considérer les événemens passés comme les événemens futurs.

(*a*) Piece du prix, p. 99.

Ceux-ci font tous poſſibles ; ils ont chacun une probabilité que l'on peut aſſigner en nombre : il y a tant à parier contre un, qu'un événement déterminé n'arrivera pas. Mais lorſqu'il eſt arrivé, il n'y a pas à s'étonner qu'entre tous les événemens poſſibles, ce ſoit celui-là plutôt qu'un autre. Sans doute les loix du ſort ne doivent point s'y appliquer; il n'y a plus d'incertitude pour les choſes paſſées. Mais dans le cas des planetes, ce n'eſt point l'incertitude des phénomènes qu'on calcule, c'eſt l'incertitude des cauſes; & celle-là ſubſiſte toute entière par notre ignorance, quoique les effets ſoient opérés depuis long-tems. Seize planetes ont été lancées dans la ſphère céleſte; les cauſes ont-elles été dirigées indifféremment vers tous les points de cette ſphère? Non, puiſque ces planetes ſe meuvent dans une bande étroite du ciel. Ces cauſes ont-elles agi en différens ſens? Non, puiſque tous ces aſtres ont la même direction. Ces cauſes ſont donc ſemblables; y en a-t-il ſeize différentes, & autant que de planetes, ou n'y en a-t-il qu'une? Ont-elles agi ſéparément, ou à la fois & en un ſeul tems? Voilà l'incertitude qu'on peut calculer. La reſſemblance qui regne entre les planetes, tant pour le ſens de leurs mouvemens que pour la proximité des plans de leurs orbites, nous porte naturellement, & par la vue de l'eſprit, à juger qu'une ſeule & même cauſe a produit ces mouvemens & diſpoſé ces orbites. Ce jugement eſt ſi naturel, qu'indépendamment de tout calcul, il peut avoir quelque certitude. Mais rien n'eſt réellement certain que ce qui eſt démontré, & la concluſion que nous tirons ici ne l'eſt pas. Elle eſt donc accompagnée d'une legère incertitude, que l'on évalue par le calcul des probabilités; & cette incertitude eſt comme l'unité contre 1419856. Cette concluſion eſt confirmée par une autre conſidération. Les cometes ſont des planetes comme celles qui ſe meuvent dans

le zodiaque ; mais si ces astres ont des ressemblances, parce qu'ils dépendent également du soleil, parce qu'ils sont éclairés de sa lumière, parce qu'ils ont des retours périodiques, & qu'ils marchent dans des ellipses plus ou moins alongées, ils ont des différences très-remarquables. Les cometes ne se meuvent point toutes dans le même sens ; il y en a qui vont, comme les planetes, d'occident en orient, suivant l'ordre des signes du zodiaque ; il en est d'autres qui vont dans un sens absolument contraire, c'est-à-dire, d'orient en occident, en remontant contre l'ordre de ces lignes, ce qui les a fait nommer cometes rétrogrades. D'ailleurs ces astres ne sont point enfermés dans une zône particulière, semblable au zodiaque; ils paroissent errer librement dans le ciel, le parcourir dans tous les sens, tantôt serrant de près l'écliptique, tantôt s'élevant jusqu'au pôle. Cette disposition paroît donc appartenir davantage à ce que nous appelons hasard. Il y a opposition dans les effets ; il ne peut y avoir identité dans les causes. M. du Séjour a remarqué que sur soixante-trois cometes connues, il y en a trente-cinq directes & vingt-huit rétrogrades, que les inclinaisons de leurs orbites, toutes différentes entre elles, sont telles que, si l'on partage de dix en dix les 90 degrés de l'angle droit, il y aura à peu-près un pareil nombre de cometes dans chacune de ces divisions. Il en résulte que l'inclinaison moyenne entre toutes ces inclinaisons s'éloigne peu de 45°, ou de la moitié de l'angle droit. Or si les cometes ont été lancées au hasard, il n'y a pas de raison pour qu'elles se meuvent plutôt d'occident en orient que d'orient en occident ; il doit y en avoir autant dans un sens que dans un autre. Quant aux inclinaisons, elles doivent embrasser tous les angles possibles depuis 0° jusqu'à 90 : il doit y en avoir autant au-dessus qu'au-dessous de 45° ; & cette moitié de l'angle

droit ſera la quantité moyenne de ces inclinaiſons. Ces aſtres portent donc les caractères du haſard qui les a lancés, ou de l'indifférence de choix qui les a diſperſés. Il n'y a point de cauſe générale qui les ait fait mouvoir plutôt dans un ſens que dans un autre; ni dans un plan, ou près d'un plan déterminé. Pluſieurs différences les diſtinguent des planetes; tandis que celles-ci ſont lourdes & peſantes, les cometes qui voyagent ſi loin, ſemblent legères de maſſe, ſoit qu'elles ayent beaucoup de volume & peu de matière, ou qu'elles ayent un petit volume proportionné à ce peu de matière (*a*). Les planetes aſſujetties, comme elles, au ſoleil, ſemblent en dépendre davantage; elles en ſont plus près, elles ſe meuvent dans des ellipſes qui s'écartent beaucoup moins du cercle & qui n'ont point la forme alongée des orbes des cometes. Les probabilités nous autoriſent donc à croire que ces deux eſpeces de corps ſont différens par leur deſtination & par leur formation. Quelles que ſoient les cauſes, qui ont diſperſé les corps céleſtes & réglé leurs mouvemens, il y en a une particulière qui a

(*a*) Cette opinion de la legéreté des cometes, ou de leur foible maſſe attractive, eſt l'opinion générale; elle eſt fondée ſur quelques faits. (Voyez *Suprà*, pag. 196.). Cependant M. Winthrop ſuppoſe que les limites d'attraction du ſoleil & d'une comete partagent leur diſtance réciproque en raiſon ſous-doublée de leurs quantités de matière. Enſuite, en partant de l'opinion de Newton, que les chevelures des cometes ſont des vapeurs qui s'élevent de leur globe, il fait voir que ces vapeurs ne doivent point paſſer ces limites. Il s'enſuit qu'en meſurant le diametre de la chevelure, lorſque les diſtances de la comete au ſoleil & à la terre forment un angle droit, on a la diſtance de ces limites au centre de la comete & du ſoleil; on en peut donc déduire le rapport de leurs maſſes, & ſi on a meſuré le diametre du noyau de la comete, on a ſa denſité. C'eſt ainſi que M. Winthrop a trouvé que la comete de 1665 étoit trois fois & demie plus denſe que la terre, & celle de 1682 environ une fois moins; ce qui eſt conforme à la loi de Newton, que les corps les plus proches du ſoleil ſont les plus denſes. La comete de 1665 a en effet approché une fois plus près que celle de 1682, (*Tranſactions philoſophiques*, 1767, page 132). Mais cette loi, réglée ſur la proximité, ne peut ſervir à comparer les cometes qu'avec elles-mêmes. Lorſqu'on voudra comparer leur denſité à celle des planetes, il eſt plus naturel de ſe régler ſur leur éloignement; & alors la loi de Newton nous indiquera que les cometes, qui s'écartent à des diſtances énormes, doivent avoir très-peu de maſſe.

décidé le ſens du mouvement dans lequel ſe meuvent les ſix planetes & leurs dix ſatellites, qui a reſſerré ces mouvemens dans une zône étroite du ciel. Quoique nous ne connoiſſions point cette cauſe, c'eſt beaucoup de pouvoir dire qu'il y en a une. M. Daniel Bernoully préſume que cette cauſe eſt dans l'atmoſphère du ſoleil. Cette atmoſphère eſt proportionnée à la grandeur du corps qu'elle entoure; elle s'étend au loin, & le ſoleil tournant ſur ſon axe, la forçant de l'accompagner dans ſon mouvement de rotation, comme l'air accompagne la terre, frappe au moyen de ce levier, tous les corps qui ſe rencontrent dans la direction de ce mouvement. Les corps y réſiſtent par leur maſſe & par leur inertie; c'eſt pourquoi les planetes ne ſe meuvent pas avec la même vîteſſe que l'atmoſphère ſolaire, & ont des révolutions beaucoup plus longues que le tems de la rotation du ſoleil. Mais toutes ont été obligées de céder à cette action, de ſuivre le ſens du mouvement qu'elle imprime, & de ſe ranger ou dans le plan, ou très-près du plan de l'équateur ſolaire. L'action de cette atmoſphère doit être proportionnelle à ſa denſité, & cette denſité plus grande près des bords du ſoleil, décroît en raiſon inverſe du carré de la diſtance; mais elle augmente auſſi en s'éloignant de cet aſtre, parce que la chaleur diminue. Ces deux cauſes ſe modifient, & la plus grande denſité peut être placée ſuivant le beſoin, & par hypothèſe, ou plus près, ou plus loin du ſoleil. On voit d'abord que pour expliquer tout, l'atmoſphère doit s'étendre juſqu'à Saturne; c'eſt beaucoup ſans doute (*a*). Ces limites poſées, on apperçoit pourquoi les cometes ſe meuvent à cet égard par des loix particulières; c'eſt que

---

(*a*) M. de Mairan, par certaines meſures, a eſtimé qu'elle atteignoit au moins l'orbe de la Terre, & pouvoit paſſer au-delà. (*Aurore boréale*, p. 26). Mais l'étendre juſqu'à Saturne, c'eſt l'étendre huit ou dix fois plus.

s'éloignant fort au-delà de Saturne, l'atmoſphère ſolaire ne les atteint pas, & les laiſſe libres de ſuivre les cauſes primitives & différentes qui les ont miſes en mouvement. En même tems, les atmoſphères particulières aux planetes impoſent des loix ſemblables aux ſatellites. En effet les quatre, qui accompagnent Jupiter, ſe meuvent dans le plan de ſon équateur. Les quatre premiers ſatellites de Saturne ſe meuvent dans le plan de ſon anneau, & très-vraiſemblablement dans celui de ſa rotation. Si le cinquieme s'en écarte, ſi la lune s'écarte auſſi du plan de l'équateur terreſtre, c'eſt par des raiſons qu'il ſeroit trop long de détailler ici (*a*); une vue générale nous ſuffit. Cette cauſe eſt ſans doute très-hypothétique; elle peut donner lieu à beaucoup d'objections. Mais quand on conſidere d'une part l'identité du mouvement des planetes & de la poſition de leurs orbites, & que de l'autre on voit le ſoleil tourner ſur ſon axe dans le plan même de ces orbites, dans le même ſens que ces planetes, entraîner avec lui une atmoſphère qui doit être puiſſante comme lui, qui eſt infiniment étendue, qui peut agir au loin, on eſt fort tenté de penſer que ces différens effets ſe tiennent, & que les uns ſont la cauſe des autres. Kepler avoit ſenti la néceſſité de cette cauſe, il s'en eſt ſervi comme M. Bernoully; & avant que les phénomènes fuſſent découverts, il avoit créé l'atmoſphère ſolaire & deviné la rotation du ſoleil.

Les planetes ont encore une reſſemblance ſingulière; c'eſt que leur mouvement de rotation ſe fait dans le même ſens que leur mouvement de tranſlation. Sur quatre planetes dont la rotation eſt connue, Vénus ſeule offre un phénomène particulier; elle tourne ſur elle-même perpendiculairement au

(*a*) Piece du prix 1734, pag. 103 & ſuiv.

plan

plan de ſon orbite; mais Jupiter, Mars & la Terre tournent ſur eux mêmes, comme ils ſe meuvent d'occident en orient. Cette nouvelle reſſemblance confirme encore l'identité de la cauſe du mouvement. M. de Fontenelle (*a*) a cru l'expliquer, en examinant ce qui arrive aux boules qui roulent. Il réſulte en effet de ce mouvement une rotation & un mouvement autour de leur centre. Mais ce mouvement eſt perpendiculaire à la ligne qu'elles décrivent, au plan dans lequel elles ſe meuvent; il eſt ſemblable à celui de la rotation de Vénus, mais entiérement différent du mouvement des autres planetes. Jean Bernoully, illuſtre pere de M. Daniel Bernoully, a rencontré plus heureuſement. Lorſqu'un corps eſt lancé par une impulſion, tout dépend de la direction du coup, & du point où ce corps a été frappé : ſi la direction a paſſé par le centre de gravité, la matiére de ce corps, qui ſe balance & ſe fait équilibre autour de ce centre, obéiſſant dans ſa totalité à l'action imprimée, en a ſuivi la direction; ſi au contraire le coup n'avoit frappé qu'à la circonférence du globe, une petite partie en auroit reçu ſeule l'impreſſion, & comme elle tient à la maſſe, il en auroit réſulté uniquement une rotation de cette partie, & de la maſſe entière autour du centre, ſans tranſlation. Mais ſi la direction du coup a paſſé au-dedans du corps, & à quelque diſtance du centre de gravité, les deux effets ont lieu à la fois : une partie de l'effort produit un mouvement de tranſlation de tout le corps, & l'autre un mouvement de rotation; rotation qui eſt d'autant plus lente, que la direction a paſſé plus près du centre où cette rotation auroit été nulle. Jean Bernoully déduit de ces principes que la Terre a dû être frappée à une diſtance du centre égale à $\frac{1}{150}$e du rayon, Mars à $\frac{1}{418}$e,

(*a*) Pluralité des mondes, pag. 43.

& Jupiter à $\frac{7}{19}$es (*a*). M. d'Alembert, examinant quel coup & quelle direction ont pu produire la rotation ſingulière de la Lune, trouve que cette planete a dû être frappée préciſément comme la Terre à $\frac{1}{150}$e de ſon centre (*b*). Il eſt vrai que ces réſultats ſuppoſent que les deux planetes ſoient homogènes ; mais il y a lieu de croire que cette reſſemblance ſubſiſteroit encore, quand elles ne le ſeroient pas. Il paroît donc que le mouvement de tranſlation & celui de rotation ont une ſeule & même cauſe ; ils dépendent tous deux de la manière dont cette cauſe a été appliquée. Il paroît encore que la Lune & la Terre, qui ſont enchaînées plus particuliérement l'une à l'autre, ont été ſemblablement frappées. Tout ſemble donc prouver, dans le mouvement des ſeize planetes qui entourent le Soleil, dans la diſpoſition de leurs orbes, dans la formation de ce vaſte aſſemblage, & l'identité de cauſe, & l'identité de tems.

Mais dans ce ſyſtême, les liens de tous ces grands corps ne peuvent-ils pas ſe détruire, ou du moins ſe relâcher ? Ces mouvemens dans l'eſpace & autour du centre ſont-ils inaltérables ? Ces queſtions ſont difficiles ; pour y ſatisfaire, nous ſommes encore bien jeunes ſur la terre & dans les ſciences. Tout vieillit avec nous : tout doit finir ſans doute ; mais les grands ouvrages de la nature ont une vie ſi longue, que nous vieilliſſons, nous mourons, ſans voir leurs progrès vers la décrépitude. Nous allons dire cependant ce que les générations, qui ſe ſont ſuccédées, ont vu ou penſé de ces altérations. La plus difficile à conſtater ſeroit celle du mouvement de rotation. Nous ne pouvons meſurer un mouvement que par un autre. Si nous avions une horloge dont la marche fût par-

(*a*) *Bernoully Opera*, Tome IV, p. 283.

(*b*) Recherches ſur le ſyſt. du monde, Tome II, p. 255.

faitement régulière, elle nous feroit connoître l'égalité ou l'inégalité des révolutions diurnes de la terre; mais il n'eſt point d'horloge, ſi bonne qu'elle ſoit, à qui l'on puiſſe accorder cette confiance. Nous ne pouvons au contraire nous aſſurer de ſa marche, qu'en la comparant à la durée des jours, à la rotation du globe, ſuppoſée uniforme. La longueur de l'année, toutes les révolutions céleſtes ſont meſurées par des jours; il ſemble que ſi ces durées & ces jours ſont variables, le rapport & le nombre de ces jours ne ſera plus le même. Mais ſi tous ces mouvemens ſont ſuſceptibles de s'altérer, on ne pourra ſavoir lequel s'altere en effet, ou lequel s'altere le plus. Si, par exemple, la durée de l'année, qui comprend aujourd'hui un certain nombre de jours, d'heures, de minutes, &c. a embraſſé jadis quelques jours, ou plutôt quelques portions de jour de plus, on pourroit en conclure que nos jours ſont plus longs, que la révolution de la terre eſt plus lente; mais il faudroit que l'année elle-même n'eût pu ſouffrir aucune diminution. C'eſt ce que nous ſommes bien loin de pouvoir aſſurer; l'analogie même rend cette diminution de l'année plus probable que celle des jours.

S'il y avoit une inégalité dans le mouvement diurne de la terre, elle feroit ou périodique, ou ſucceſſive & conſtante. La première, l'inégalité périodique, feroit ſans doute très-petite, & d'autant plus difficile à reconnoître. Dominique Caſſini a cru remarquer quelque inégalité dans la rotation de Jupiter: cette inégalité lui paroiſſoit dépendre de la diſtance de la planete au Soleil; elle devoit par conſéquent être périodique, comme la révolution (*a*). Ce phénomène, s'il exiſte, feroit intéreſſant à conſtater, parce que l'ana-

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. Tome X, p. 421.

logie nous autoriſeroit à ſuppoſer une variation ſemblable dans le mouvement diurne de la terre. Le P. Walmeſley a vu que l'élévation des marées, qui change deux fois par jour la forme de la terre, modifiant l'action du ſoleil ſur elle, pourroit altérer la révolution diurne ; mais l'effet n'eſt que la vingt-quatrieme partie d'une ſeconde de tems ; il eſt périodique & s'accomplit dans l'intervalle d'un ſolſtice à l'autre (*a*). Il eſt ſemblable à celui que Dominique Caſſini a ſoupçonné dans Jupiter ; & par ſa petiteſſe il eſt inobſervable. Il n'y a donc que les obſervations de Jupiter qui puiſſent quelque jour nous éclairer à cet égard ; & encore l'inégalité de ſa rotation ne pourroit être tranſportée & ſuppoſée dans notre globe que par conjecture ou par analogie. L'altération ſucceſſive & conſtante de la rotation de la terre ſeroit auſſi difficile à connoître, parce que, nous l'avons dit, nous ne pouvons que comparer entre eux les mouvemens céleſtes ; il en faudroit un invariable pour ſervir de meſure commune. Nous avons choiſi la durée du jour ; mais ſi nous ſommes en doute ſur cette durée même, nous ne ſaurons où prendre les moyens de déterminer ſon inégalité. Il faut diſtinguer dans les ſoupçons qu'on peut avoir de l'inégalité du mouvement diurne de la terre, ceux qui ſeront fondés ſur une cauſe connue & évidente d'altération, de ceux qui naîtroient d'une ſimple poſſibilité, & de l'opinion que tout varie & tout change dans la nature. M. Euler penſoit il y a quelque tems que la force de Jupiter diminue conſidérablement le mouvement annuel de la Terre, & que cette diminution ſeroit très-ſenſible, ſi le mouvement diurne ne s'étoit pas accéléré en proportion (*b*). Mais les recherches qui ont été faites depuis, ont pu le faire changer d'opinion à cet égard. On dit bien que le vent conſ-

(*a*) Tranſ. philoſ. 1758, p. 809. (*b*) *Ibid.* 1749, n°. 494.

tant qui souffle sur la terre de l'est à l'ouest entre les tropiques, le mouvement par lequel la mer semble s'avancer avec lenteur dans le même sens, doivent être les effets de quelque cause puissante, dont l'action opposée à la rotation de la terre, peut influer également sur cette rotation, & la retarder peu à peu. Mais si l'on soupçonne que la chaleur, en raréfiant l'air sous la route diurne du soleil, produit le vent d'est qui se leve avec cet astre (*a*), il s'en faut bien que l'on connoisse la cause du mouvement qui semble porter la mer du même côté. D'ailleurs cet air en mouvement avec une vîtesse de vingt ou trente pieds par seconde, mais avec si peu de masse, cette mer, qui, en tant de siecles a si peu changé, quelle action auroient-ils pour mouvoir un globe de trois mille lieues de diametre?

Si les jours devenoient plus longs, si la terre tournoit avec moins de vîtesse, toutes les révolutions comptées par des jours, paroîtroient s'accélérer; & si les quantités de cette accélération, mesurées en degrés dans chaque orbe, étoient différentes pour chaque planete, mesurées en tems, elles seroient égales pour toutes les planetes dans une même durée de tems (*b*). Cette égalité n'a pas lieu; ainsi aucun phénomène ne nous porte à croire que la rotation de la terre ait souffert quelque altération. Nous ne connoissons encore aucune cause qui ait pu la produire; il faudroit soupçonner ici sans motif, sans nécessité, & l'effet inobservé, & la cause inconnue. Nous

(*a*) Halley & M. le Gentil ne conviennent pas de cette direction; ils pensent que ce vent souffle du sud-est dans la partie méridionale de la zône torride, & du nord est dans la partie boréale. *Voyage de M. le Gentil*, Tome I, p. 637.

(*b*) M. de Fouchy pense que la rotation du soleil, les révolutions des satellites pourroient fournir un moyen de déterminer l'altération du mouvement diurne de la terre. Les durées de ces révolutions seroient sans doute différentes en différens tems, si la durée du jour n'étoit pas toujours la même. Mais quand elle seroit variable, ce ne seroit que d'une petite quantité; & il est bien difficile que les observations, dont il est ici question, soient jamais assez précises pour faire appercevoir cette petite quantité.

devons croire à la régularité & à la constance du mouvement diurne, jusqu'à ce que le tems nous ait dévoilé des phénomènes contraires, ou des raisons de présumer ces phénomènes. Si l'expérience nous enseigne que tout change & tout varie dans la nature, c'est plus ou moins sensiblement, & la même expérience nous autorise à croire que s'il y a une altération dans la durée du jour, elle est si petite qu'elle est insensible; & relativement à nos sens bornés, aux observations qui nous sont permises, il existe jusqu'ici pour nous une véritable constance dans ce phénomène; c'est tout ce qu'il nous importe de savoir. L'Académie Impériale de Pétersbourg a proposé cette question de l'altération du mouvement diurne de la terre pour le sujet du prix de cette année 1781, & la question sera bientôt éclaircie, si elle peut l'être.

On peut donc supposer dans les mouvemens des globes qui tournent sur eux-mêmes, une certaine constance que les observations n'ont point encore démentie; mais il n'en est pas de même de ceux par lesquels ces globes parcourent leurs orbites & marchent à travers les espaces célestes. Ces mouvemens, jusqu'ici & dans le peu de siecles qui ont été donnés à l'astronomie, ont paru susceptibles de quelque altération, du moins l'observation en a reconnu une sensible dans les mouvemens de Saturne, de Jupiter, de la Lune, & peut-être même de la Terre. Nous ne parlons point des inégalités qui sont périodiques, & qui finissent & se renouvelent à chaque révolution; nous parlons de celles qui ont paru croître constamment, & qui s'accumulant avec les siecles, ont forcé les Astronômes d'établir des équations, que, par cette raison, ils ont nommées séculaires. Quelle en est la cause? Voilà la question qu'on peut faire, & que nous devons discuter; nous commencerons par Jupiter & Saturne. M. Halley avoit donné à la première

de ces planetes une équation de 3° 49′, & à la seconde une équation de 9° 15′ pour deux mille ans. M. de la Lande, par de nouvelles recherches, a réduit ces équations à 3° 23′, & à 5° 13′ (*a*). Il en résulte que dans cet intervalle de vingt siecles, Jupiter, qui a accéléré son mouvement est plus avancé qu'il ne devroit l'être de 3° 23′, & que Saturne, qui a ralenti sa marche, se trouve en arrière de 5° 13′ (*b*). Le premier objet de recherche est de savoir si cette altération des moyens mouvemens & des révolutions naît de l'action réciproque de ces planetes l'une sur l'autre. M. Euler s'en est occupé dans la piece qui a remporté le prix de l'Académie en 1752 ; il trouve en effet que le mouvement de Jupiter s'accélere, & que celui de Saturne se ralentit. Mais il y a cette différence entre la théorie & l'observation, que, suivant la théorie, l'une se ralentit précisément de la même quantité que l'autre s'accélere, au lieu que, suivant les phénomènes, Saturne paroit se ralentir plus que Jupiter ne s'accélere. Ces mêmes phénomènes ne fournissent pas, pour le ralentissement de Saturne, une quantité si grande que le donne la théorie de M. Euler ; mais cette théorie confirmant la conjecture de Jacques Cassini montroit que ces altérations, quoique constantes dans une longue durée, ne devoient cependant pas l'être toujours. Le ralentissement & l'accélération devoient se succéder, & tout se rétablir après trois cent vingt-quatre mille ans. M. Euler avouoit à la vérité que quelques legers changemens, qu'il s'étoit permis pour éviter des difficultés insurmontables d'analyse, pouvoient faire que ces variations

(*a*) Astr. Tome I, p. 582 ; & les Tables, p. 137 & 152.

(*b*) M. Wargentin n'a même trouvé que 1° 17′ d'accélération en 1600 ans pour Jupiter, & nous 55′ (*Mém. Acad. des Scien.* 1768, p. 515 & 516.

ne s'arrêteroient pas & croîtroient à l'infini; & il disoit avec la candeur de la supériorité, qu'il ne connoissoit point alors de méthode qui pût conduire à les déterminer (*a*).

Le tems & les progrès de la Géométrie ont fourni les moyens qui manquoient alors à la science : M. de la Grange a établi une belle théorie sur cette question (*b*); & il a d'abord trouvé, comme M. Euler, des altérations presque égales, en sens contraire pour Jupiter & pour Saturne, & plus conformes à celles que Halley avoit déduites des observations. L'accélération de Jupiter étoit encore trop grande, en la comparant à celle que M. Wargentin & nous avons établie depuis Halley (*c*). Au reste, M. de la Grange a averti que les formules cessoient d'être exactes après un certain nombre des révolutions de la planete; cette incertitude des solutions naît de l'inconvénient des méthodes d'approximation. En travaillant sur de petites quantités évaluées par des termes décroissans, les ressources bornées de l'analyse, l'embarras des calculs exigent que pour simplifier, on se contente de prendre les premiers & les plus considérables de ces termes. Quand une quantité très-petite est multipliée une fois, ou plusieurs fois par elle-même, ce qu'on appelle ses puissances, elle diminue considérablement de valeur à chaque multiplication. Les deux Géometres, M. Euler & M. de la Grange, dans leurs calculs d'approximation, s'étoient arrêtés aux secondes puissances & n'avoient point passé au-delà. M. de la Place, en traitant de nouveau cette question importante, a poussé l'approximation plus loin & jusqu'aux troisiemes puissances. Ces quantités du troisieme ordre ont détruit ce qu'avoient donné celles du second, &

(*a*) Piece du prix 1752, p. 76 & 77.

(*b*) Mém. Acad. de Turin, T. III, p. 318.

(*c*) Mém. de l'Acad. des Sciences 1768, p. 516.

& l'altération des moyens mouvemens s'est anéantie. On n'en pourroit trouver une qu'en allant jusqu'aux quatriemes puissances ; mais les quantités de cet ordre sont si petites qu'il y a lieu de croire, sans prendre la peine d'un calcul long & pénible, que l'altération qui en résulteroit, seroit absolument insensible (*a*). Il faut avouer cependant que ces quantités négligées pourroient laisser quelque incertitude ; mais nous apprenons que M. de la Grange vient de démontrer dans les Mémoires de l'Académie de Berlin, que l'attraction réciproque des planetes & la non sphéricité de leurs globes ne peuvent produire aucune altération ni dans les moyens mouvemens, ni dans leurs révolutions. Sa méthode est aussi ingénieuse qu'elle est simple & rigoureuse. Les forces perturbatrices étant supposées très-petites, comme elles le sont dans notre systême, à l'égard de la force solaire, M. de la Grange fait voir que la nature de la courbe décrite ne change point ; l'orbite altérée est encore une ellipse, dont seulement la position & les dimensions sont variables à chaque instant. Le changement du grand axe peut seul influer sur la révolution ; & M. de la Grange démontre que ce changement du grand axe peut toujours être exprimé par des sinus ou des cosinus d'angles, excepté dans des cas qui n'ont point lieu dans notre systême. Toutes les variations du grand axe, & celles de la révolution qui en dépendent, sont donc périodiques (*b*). Cette démonstration est un trait de lumière dans la théorie générale des corps célestes ; elle apprend que ces corps peuvent se déranger, mais passagerement. Ces forces se balancent, l'équilibre se rétablit avec le tems ; & tout à cet égard est ordonné pour la conservation.

(*a*) Mémoires présentés à l'Acad, 1773, p. 221. Mém. Acad. des Sc. 1772, 2e Par. p. 352.

(*b*) Mém. Acad. Berlin pour 1776.

Si le tems de la révolution des planetes paroît susceptible de changer constamment, ce n'est point à la gravitation des corps célestes qu'il faut en demander la cause. Mais avant de la chercher, nous devons dire que le mouvement de la lune & celui de la terre, ou le mouvement apparent du soleil, semblent s'être accélérés depuis que l'Astronomie est cultivée. M. Richard Dunthorne, feu M. Mayer de Gœttingue, & M. de la Lande ont déduit tous trois des observations ce phénomène (*a*). Il n'y a pas moyen de représenter à la fois, & par un mouvement uniforme, les observations de la lune, faites quelques siecles avant notre ere par les Chaldéens & par Hypparque; celles qui ont été faites depuis chez les Arabes, dans le dixieme siecle; & celles que nous faisons aujourd'hui. On voit, en suivant les observations, placées à ces distances dans ce long intervalle de tems, la preuve d'une altération. M. Mayer établit l'équation séculaire qui en résulte, d'un degré environ en deux mille ans; voilà pour la lune. Quant au soleil, l'accélération de son mouvement n'est pas si bien constatée; M. Euler l'a soupçonnée le premier, & l'a supposée de 1° 7′ en deux mille ans (*b*). Nous avons voulu ajouter à cette opinion quelques probabilités vraisemblables, que les observations ne peuvent démontrer. Presque toutes les années des anciens peuples, dont quelques-unes paroissent déterminées avec précision, sont toutes plus longues que notre année actuelle (*c*); celle que l'on déduit de la période antique de 600 ans est de 365ʲ 5ʰ 51′ 36″, plus longue que la nôtre de 2′ 51″. Il est difficile de

(*a*) Transactions philosophiques, 1749, n°. 491.
Mém. de Gœttingue, 1752, p. 333.
M. de la Lande, Mém. Acad. Sc. 1767, p. 426.
Bailly, Mém. Acad. Sc. 1763, p. 19.

(*b*) *Voy.* ses Opuscules publiés en 1746, & les Transf. philos. 1749, n°. 493.

(*c*) Astron. anc. p. 66, 110; Astr. mod. Tome I, p. 449.

douter de son exactitude comme de sa haute antiquité; nous avons cru pouvoir avancer que cette antiquité surpassoit quatre mille ans (a). M. le Gentil nous a appris que les Indiens, dans leurs calculs, appliquent au mouvement du soleil une correction constante de 2° 7′, qui nous a paru être une véritable équation séculaire; d'autres probabilités nous ont portés à croire qu'elle avoit été établie pour une durée de trois mille six cent ans. Il en résulte une équation séculaire de 38′ 47″ pour deux mille ans. Quoique ces résultats ne soient point démontrés, à beaucoup près, nous avons pour nous l'analogie tirée de trois planetes, & les conjectures de M. Euler, qui s'accordent avec les nôtres.

Puisque ces altérations ne dépendent point de la gravitation des corps célestes, la cause la plus naturelle qui se présente pour les expliquer, est la résistance du milieu où ces corps se meuvent. La gravité est une force sans cesse renaissante, qui ne s'affoiblit point; mais l'impulsion primitive qui a lancé ces corps, ayant été une fois donnée, & jamais renouvelée, doit perdre sans cesse, si elle éprouve quelque résistance. Cette force ne peut s'altérer, sans que le tems des révolutions n'éprouve quelque changement; & ce changement doit être une diminution. La force d'impulsion étant diminuée, celle de l'attraction prend plus d'empire; le corps s'approche tant soit peu du centre, l'orbite devient plus petite, & est décrite en moins de tems. Le corps paroît donc se mouvoir plus vîte; & voilà comment s'explique ce paradoxe singulier, qu'une diminution dans la force produit une accélération dans le mouvement. Newton, lorsqu'il établit sa sublime théorie, vit que depuis un grand nombre de siecles, les révolutions des planetes

---

(a) Mémoires de l'Acad. des Scien. 1773, p. 171.

étoient inaltérables; il en conclut qu'elles n'éprouvoient aucune résistance, & qu'elles se mouvoient dans des espaces privés de matière & dans un vide absolu. Car tout ce qui existe est capable de résistance, & le fluide le plus subtil, nécessairement matériel, mais supposé sans résistance, seroit un être de raison. Cependant il est impossible que les espaces célestes soient réellement privés de toute matière; le néant absolu n'est pas plus aisé à concevoir que l'infini. D'ailleurs nous les voyons remplis par la lumière; elle part du soleil pour arriver aux planetes, elle revient des planetes à nous. Si la lumière est une véritable émission de la substance du soleil, si elle est réellement envoyée, propagée, réfléchie, tous ces voyages ne se font pas sans occuper, sans remplir les espaces qu'elle traverse. Quelque petites que soient ces molécules, elles ont une petite masse; il faut que les corps en mouvement les déplacent, & ce déplacement ne se fait point sans quelque résistance. Et si, suivant la pensée de Descartes, la lumière étoit un fluide toujours répandu, toujours existant partout, & seulement mis en action par la présence des corps lumineux, ce fluide feroit obstacle au passage des corps. Le passage n'est pas plus libre dans l'état de stagnation que dans celui de circulation. Ainsi, quel que soit le fluide qui compose cet océan immense, que les anciens ont nommé éther, qu'il soit une matière particulière & analogue à un air infiniment subtil, ou la matière même de la lumière, ce fluide doit s'opposer au mouvement des planetes, & abréger tant soit peu, mais sans cesse, leurs révolutions. Lorsque Newton a conçu l'idée d'un vide absolu, ou du moins d'un milieu non résistant, il a été forcé par les observations, qui donnoient aux astres des révolutions constantes & inaltérables. Lorsqu'aujourd'hui nous nous élevons contre cette idée d'un vide absolu, qui répugne à la nature, lorsque nous

rendons à l'éther une résistance, qui est conforme aux loix de la saine physique, nous sommes forcés, comme lui, par les observations. Celles qui ont été faites depuis lui, les anciennes mieux approfondies, nous conduisent à un résultat contraire.

Il étoit naturel de consulter la théorie à cet égard ; l'Académie des Sciences de Paris demanda en 1762 si les planetes se meuvent dans un milieu, dont la résistance produise un effet sensible sur leurs mouvemens. M. l'abbé Bossut remporta ce prix. Il trouve que l'action de la résistance se borne à diminuer l'axe de l'orbite ; & que s'il y a quelque changement dans l'excentricité ou dans la distance des foyers, ce changement ne peut être que très-petit. M. l'abbé Bossut a résolu le problême dans deux suppositions différentes ; l'une que la densité de l'éther décroît en raison inverse de la distance, & l'autre, qu'elle décroît en raison du carré de la même distance. Il considere ensuite l'effet de la résistance sur le mouvement d'un satellite tel que la lune ; il trouve pour deux mille ans une équation séculaire de 44′ 40″, c'est-à-dire, un peu plus petite que celle qui a été déduite des observations par M. Mayer. La théorie montre que toutes les accélérations, nées, dans le mouvement des planetes, de la résistance de l'éther, sont liées par une relation nécessaire ; de manière qu'il suffit d'en connoître une pour connoître toutes les autres. M. l'abbé Bossut n'a trouvé en conséquence que 25″ pour le mouvement du Soleil ou de la Terre en deux mille ans ; & des équations séculaires encore plus petites, & absolument négligeables, pour Jupiter & pour Saturne. Si l'accélération de la Lune, déduite de cette théorie, ne s'éloigne pas beaucoup de celle qui a été fournie par les observations, il n'en est pas de même de l'accélération du mouvement de la Terre, qui n'est par cette

théorie que de 25″, tandis que les obſervations ſemblent la donner de 38 ou 39′. Ces deux accélérations n'ayant point entr'elles la relation que la nature exige, il s'enſuit que l'une des deux & celle du ſoleil ſans doute, puiſqu'elle eſt la moins avérée par les obſervations, peut être regardée comme douteuſe, juſqu'à ce que nous ayons acquis une plus grande confirmation; ou que, ſi ces deux accélérations ſont auſſi vraies l'une que l'autre, il exiſte une autre cauſe qui a, ou augmenté celle du Soleil, ou diminué celle de la Lune. C'eſt cette cauſe qu'il faut chercher.

Peut-être tient-elle à la cauſe de tous les mouvemens, à la gravité dont la manière d'agir eſt inconnue. Sans doute on ne conçoit pas comment la force émanée du Soleil peut ſe tranſmettre à des diſtances énormes, y ſaiſir de grandes maſſes, ſans aucun levier qui lui donne cette étendue, ſans aucun véhicule pour tranſporter ſon action. Cette force, qui agit avec tant d'efficacité ſur les objets matériels, ſemble s'élancer, comme la penſée, dans l'étendue où cette force peut agir. La diſtance ne lui fait rien; partie du Soleil, elle arrive à la Terre ou à Saturne, ſans qu'il paroiſſe lui en coûter ni plus d'effort, ni plus de tems. Cette difficulté eſt la plus grande de la théorie de Newton; car dans le monde que nous connoiſſons le mieux, ſur la terre où nous vivons, où nous obſervons, tout eſt ſucceſſion ou tranſmiſſion. Lorſqu'un effet ſe propage, nous voyons des agens intermédiaires & continus qui le communiquent; cette communication s'opere dans un tems plus ou moins long. M. de la Place a propoſé deux queſtions neuves & intéreſſantes. La première eſt de ſavoir ſi l'action de la gravité eſt inſtantanée, malgré la diſtance. M. de la Place, pour y répondre, remarque que tout ce qui ſe tranſmet à travers l'eſpace, nous paroît répondre ſucceſſivement à ſes différens points. Dans notre

manière de concevoir un effet, l'idée du tems est inséparablement liée à celle de l'espace; la notion de la vîtesse naît de leurs rapports. Une vîtesse plus grande suppose un tems plus court; & si, par la puissance de l'imagination, nous essayons de nous représenter une vîtesse infinie, il nous reste toujours l'idée d'un tems infiniment petit : le tems ne peut être anéanti dans notre pensée. Peut-être cette conception n'est-elle en effet que l'habitude de nos observations : s'il existe dans la nature une action instantanée, elle est nulle pour nous, puisqu'elle ne peut être comparée ; tout fait unique sera toujours inconcevable. Il est donc très-possible que ne pouvant analyser la matière, voir ses élémens à nud, saisir le méchanisme de leur action mutuelle, nous ne concevions pas comment la force de la gravité agit instantanément aux plus grandes distances. Mais cette difficulté de concevoir un fait, n'est pas une raison de croire à son existence; &, comme l'observe très-bien M. de la Place, quand même tous les phénomènes nous donneroient lieu de penser que l'action de cette force est instantanée, il ne faudroit pas en conclure qu'elle l'est réellement; car dans une progression rapide, il y a loin d'une durée insensible à une durée absolument nulle. Quoi qu'il en soit, les circonstances rendent cette considération superflue; quel que puisse être le tems que l'attraction emploie pour atteindre aux confins de sa sphère, il n'en résulte aucun changement dans l'ordre des phénomènes; toute la différence est dans le premier instant. Il a fallu un tems pour que l'effort, &, pour ainsi-dire, la force fût transmise au corps qu'elle doit faire mouvoir; mais une fois arrivée, les efforts se succedent immédiatement, & le corps se meut, comme si l'action étoit réellement instantanée.

M. de la Place fait une seconde question, qui dérive natu-

rellement de la première ; il demande si l'attraction agit de la même manière sur les corps en repos & sur les corps en mouvement. En supposant un tems nécessaire pour la transmission de la gravité, on conçoit qu'un corps en repos l'attend, il ne peut échapper à son action : mais un corps en mouvement peut la fuir ; quelque petit que soit le tems de la transmission, la vîtesse du corps peut être si grande qu'il puisse s'y soustraire, du moins en partie. Il en résulte une modification dans le mouvement. M. de la Place, ayant appliqué le calcul à cette théorie nouvelle, a supposé à l'action de la gravité une vîtesse indéterminée ; il a trouvé en conséquence une accélération dans le moyen mouvement des planetes. C'est aux observations, qui peuvent faire connoître quelques-unes de ces accélérations, à déterminer la vîtesse nécessaire pour les représenter. L'équation séculaire de la lune, établie d'un degré en deux mille ans par M. Mayer, fournit un moyen. M. de la Place a choisi la vîtesse de la lumière pour terme de comparaison, & il a vu qu'il falloit supposer à la propagation de la gravité une vîtesse huit millions de fois plus grande. Telle seroit donc la puissance des moyens de la nature, pour transporter dans ses vastes domaines les effets des causes ! Avec quelle variété & quelle étonnante différence, elle a donné aux différens êtres la faculté de se mouvoir ! L'homme, dans une marche modérée & suivie, parcourt à peu-près quatre pieds par seconde. Les particules de l'air, qui transmettent le son, le portent dans le même tems, à une distance de cent soixante-quinze toises ; & cette transmission est deux cent soixante fois plus prompte que la marche de l'homme. La lumière qui nous est envoyée des astres, en franchit la distance, & arrive avec une vîtesse six cent mille fois plus grande que celle du son. Enfin la gravité, qui gouverne l'univers, & qui, comme le despotisme, a besoin

besoin d'une activité proportionnée à son empire, se transporte ou se communique avec une rapidité huit millions de fois plus grande que celle de la lumière!

Cette vîtesse est bien près d'être instantanée; mais enfin elle ne l'est pas. Le petit tems qu'elle suppose a des effets sensibles, puisqu'il en résulte, dans l'intervalle de deux mille ans, une équation séculaire d'un degré pour la Lune, une de 10 ou 12′ pour le Soleil, une de 38′ pour Vénus, & une de 5° ½ pour Mercure; les équations séculaires des trois autres planetes sont insensibles (a). Cette cause nouvelle d'accélération, proposée par M. de la Place, sans être ni démontrée, ni encore établie, est assez vraisemblable pour n'être pas rejetée : elle appartient à une très-bonne physique; elle est conforme à la marche de la nature. Toute action a besoin d'un tems, tout transport, tout mouvement s'accomplit dans une durée. On a cru long-tems que la lumière étoit instantanée; il a fallu que les satellites de Jupiter aient été découverts, que leurs éclipses fussent observées, pour nous apprendre que la lumière emploie 8′ ½ à venir du Soleil jusqu'à nous. Cette vîtesse a paru prodigieuse, celle de la gravité le seroit davantage : mais la nature approfondie nous étonne toujours; & en fait des prodiges, les grands ne sont pas plus difficiles à concevoir que les autres.

Voilà donc deux causes pour l'accélération du mouvement des planetes, la résistance de l'éther, & la propagation successive de la gravité. Une accélération, telle que celle de la lune, offre peut-être les effets mêlés des deux causes combinées. Quand on ne connoît & qu'on ne considere que ce phénomène unique, il n'y a pas de moyen de les séparer. La raison peut admettre les deux causes; mais elle n'en peut

(a) Mém. des Sav. étrang. 1773, p. 173.

apprécier l'intenſité que par les phénomènes mêmes. Le problême renferme deux quantités indéterminées, la vîteſſe de la gravité & la denſité de l'éther qui produit ſa réſiſtance. On ne peut être bien éclairci ſur ce point, que lorſqu'on connoîtra les accélérations de trois planetes. Les deux premières ſerviront à fixer la valeur des deux quantités indéterminées : & ſi avec ces quantités ainſi connues, le calcul repréſente aſſez bien la troiſieme accélération, on ſera sûr d'avoir trouvé la vérité. Les cauſes ſeront juſtifiées, leur intenſité meſurée; & l'eſprit humain pourra s'applaudir d'avoir ſu peſer l'éther, & d'avoir ſuivi la progreſſion rapide de la gravité, dans ſa grande communication du centre aux extrémités du monde. Mais nous ſommes encore bien peu avancés à cet égard : l'accélération de la lune eſt la ſeule qui ſoit bien conſtatée ; celle du ſoleil, fondée ſur des conjectures, offre beaucoup de difficultés, & d'autant plus qu'elle ne s'accorde point avec les réſultats des deux cauſes que nous venons d'indiquer. Toutes les deux enſemble ne donneroient pas une accélération de plus de 12′, tandis que nous l'avons ſuppoſée de 39. Cette accélération ne doit cependant pas être abſolument rejetée ; il reſte encore dans le ſyſtême du monde des cauſes qui ont pu la produire. Les cometes, qui deſcendent continuellement dans la région des planetes, peuvent, en les approchant, altérer leur mouvement. Cette altération n'eſt point de nature à croître avec le tems, elle eſt une fois imprimée ; c'eſt l'effet du paſſage de la comete, la comete éloignée n'agit plus, & le mouvement de la planete ſe perpétue avec ſon altération. L'Académie des Sciences de Paris avoit demandé en 1760 ſi le mouvement moyen des planetes conſerve toujours la même vîteſſe, ou ſi par la ſucceſſion des tems, il ne ſubit pas quelque changement. M. Charles Euler, fils du célebre Léonard Euler, qui

remporta ce prix, a tourné particuliérement ſes recherches ſur les dérangemens, qui pourroient être produits par les cometes. Il a trouvé que celle de 1759 avoit pu agir ſur la terre, changer l'axe de notre orbe, & alonger la durée de l'année. On ne peut dire de combien, parce que la maſſe de la comete, néceſſaire pour évaluer ſa force, eſt inconnue. Si cette maſſe étoit égale à celle de la terre même, l'année auroit été alongée de 27′; & ſi cette maſſe eût été vingt-ſept fois plus petite, l'altération dans la longueur de l'année auroit été encore très-remarquable. Nous pouvons conclure deux choſes de ces recherches de M. Charles Euler: la première, que les cometes en général n'ont que de petites maſſes, & qu'elles peuvent paſſer près de nous, ſans nous cauſer beaucoup d'inquiétude; la ſeconde, que comme dans le nombre de ces cometes il doit y en avoir de plus maſſives les unes que les autres, que d'ailleurs leur force eſt proportionnée à leur proximité, il peut être arrivé que jadis une comete ait paſſé aſſez près de la terre pour avoir eu ſur elle une action ſenſible, & avoir accourci l'année peut-être de deux minutes. Cette altération, jointe aux deux cauſes conſtantes d'accélération, auroit ſuffi pour produire les 2′ 51″ de différence que nous trouvons entre l'année déduite de la période de 600 ans, & l'année que nous obſervons aujourd'hui. La ſuppoſition de l'action d'une comete paroîtra même néceſſaire, ſi l'on conſidere que ces deux années ſont également bien établies, & que ni l'une ni l'autre ne comportent une erreur de trois minutes.

Mais dans toutes les altérations des mouvemens des planetes, les mieux conſtatées & les plus difficiles à expliquer ſont celles de Jupiter & de Saturne. Les deux cauſes ci-devant indiquées ne peuvent s'y appliquer; la réſiſtance de l'éther, la propagation de la gravité ne fourniſſent pour Jupiter & pour

Saturne aucune équation sensible. D'ailleurs ces équations séculaires n'indiqueroient jamais qu'une accélération; elles seroient donc insuffisantes & même contraires aux phénomènes de Saturne, dont le mouvement est retardé. D'un autre côté, l'action mutuelle de ces deux planetes l'une sur l'autre, suivant M. de la Place, par la voie de l'approximation, & suivant M. de la Grange, par une démonstration rigoureuse, ne peut avoir aucun effet constant sur le moyen mouvement. Voilà donc des effets qui restent sans cause connue; l'observation les indique, la théorie semble se refuser à les expliquer. Il ne paroît pas possible de douter des phénomènes mêmes: ils sont appuyés, à la vérité, sur les observations anciennes, susceptibles de grandes erreurs; mais ces erreurs n'étoient point de sept à huit degrés, comme il faudroit le supposer, pour anéantir l'équation séculaire de Saturne; ces phénomènes ont été remarqués & confirmés depuis près de deux siecles, par un grand nombre d'Astronômes, Kepler, Horroxe, Flamsteed, Maraldi, Halley, Cassini, le Monnier, Wargentin, la Lande, &c. On ne peut d'ailleurs refuser de croire à la Géométrie, lorsqu'elle démontre, lorsqu'elle affirme que l'action de Jupiter & de Saturne ne peut altérer leur moyen mouvement. Il semble alors que ces dérangemens ne puissent être attribués qu'aux cometes: il faut qu'il en soit venu une pour accélérer Jupiter, & une autre pour retarder Saturne; la chose est possible sans doute. Cependant quand il faut appeler ainsi des astres pour opérer l'effet qu'on demande; quand on ne peut dire à quel astre il est dû, en quel tems & par quelle force il a été produit; quand on ne peut montrer la relation de l'effet à la cause, cette maniere de resoudre les difficultés ressemble toujours au *Deus ex machinâ*, au dénouëment des anciens tragiques. D'ailleurs il faut ici deux événemens, & placés tous deux dans des circonf-

tances convenables pour produire des effets contraires. Nous obſerverons encore que ces altérations paroiſſent telles qu'elles vroient être, ſi elles étoient dues à l'action mutuelle des deux planetes.

Nous voyons que dans preſque toutes les poſitions de Jupiter & de Saturne, ces deux planetes doivent avoir des effets oppoſés ; lorſque Saturne précede Jupiter, le mouvement du premier eſt retardé par le ſecond, le mouvement du ſecond eſt accéléré par le premier. Le contraire arrive lorſque c'eſt Jupiter qui devance Saturne; mais les effets réciproques ſont toujours oppoſés. Lorſque les deux planetes ſont en conjonction, Saturne aggrandit l'orbite de Jupiter, en l'éloignant du Soleil, Jupiter reſſerre celle de Saturne, en le rapprochant de cet aſtre; il n'y a que le cas de l'oppoſition, où les effets réciproques des deux planetes concourent à diminuer la grandeur de leurs orbites. Enfin, en général, on voit que ſi dans une moitié de l'orbite & du tems de la révolution, une des planetes eſt accélérée ou retardée, elle eſt retardée ou accélérée dans l'autre moitié. Si ces deux moitiés étoient égales, ou du moins ſi le tems employé à les décrire étoit le même, il n'y a pas de doute que les effets ne fuſſent détruits ; mais la poſition des orbites, la ſituation réciproque des aphélies empêchent cette égalité. On ſait que dans une ellipſe, décrite en vertu d'une tendance inverſement proportionnelle au carré des diſtances, la moitié de cette ellipſe, priſe d'une moyenne diſtance à l'autre & comprenant le point de l'aphélie dans ſon milieu, ſera parcourue dans un tems ſenſiblement plus long que l'autre moitié, qui a le point du périhélie dans ſon milieu. Cela poſé, ſi la ſituation des orbites eſt telle que Jupiter ſoit accéléré, & Saturne retardé dans cette premiere moitié, pendant un tems plus long, tandis que Jupiter eſt retardé & Saturne accéléré

dans l'autre moitié pendant un tems plus court, les effets ne seront plus complettement détruits; l'action, qui aura été appliquée pendant un plus long tems, aura l'avantage; & après chaque révolution complette, il restera, toute déduction faite, des effets détruits, une accélération pour Jupiter, & un ralentissement pour Saturne. Voilà ce qu'a dit Jacques Cassini (*a*) en 1746 : il a fait voir que les orbites & leurs aphélies étoient placées de manière à produire cet effet; il a même estimé, dans une infinité de positions différentes, la force de Jupiter sur Saturne, tant pour l'accélérer que pour le retarder, & il a trouvé que les sommes de ces forces étoient entr'elles comme 3519 à 3536; d'où il semble résulter évidemment un ralentissement pour Saturne. Jacques Cassini a montré que, comme cet effet tenoit à la position de l'aphélie & de la ligne des absides, il s'anéantiroit & deviendroit même contraire après une demi-révolution de cette ligne; révolution infiniment longue, puisque les aphélies avancent si lentement dans le ciel. M. Euler en 1752, dans sa piece qui a remporté le prix de l'Académie des Sciences de Paris, trouve, comme Jacques Cassini, par une première approximation, un ralentissement dans le mouvement de Saturne, une accélération dans celui de Jupiter, qui tous deux dépendent de la position des aphélies. Ces effets ont la même période que la révolution de ces points; & lorsque les positions des aphélies seront contraires, les effets le seront aussi. Le ralentissement deviendra une accélération, & l'accélération un ralentissement; les résultats de la théorie étoient alors assez conformes aux phénomènes observés. M. de la Grange, venu après M. Euler, a d'abord trouvé des résultats semblables. M. de la Place, en poussant plus loin

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1746, p. 565.

l'approximation, a détruit ces résultats ; & la théorie n'indique plus aucune altération constante. M. de la Grange même a démontré depuis qu'il ne peut en exister aucune dans la solution du problême. Nous n'avons rien à opposer au témoignage de sa démonstration. Mais il faut distinguer deux especes d'équations séculaires. Les unes croissent à l'infini ; elles dépendent d'une cause invariable & toujours subsistante, qui sans cesse accumule les effets. Telle est l'altération qui peut naître de la résistance de l'éther, ou du tems employé à la propagation de la gravité. Les autres ne sont pas des équations séculaires, mais elles peuvent se présenter sous la même apparence. Toute équation, ou toute inégalité, qui affecte le mouvement des planetes, a une période pendant laquelle elle croît, décroît, s'anéantit & se renouvelle. Les périodes de ces différentes inégalités sont plus ou moins longues : il en est qui surpassent de beaucoup le tems de la révolution de la planete ; telles sont celles qui dépendent du mouvement de l'aphélie. Il est donc possible que dans les dérangemens qu'une action étrangère imprime à un corps mû autour d'un centre, il y en ait qui ne s'accomplissent qu'après un grand nombre de siecles ; destinés à croître pendant un long tems, ces dérangemens se manifesteront pendant un certain nombre de siecles, comme une inégalité constamment croissante, comme une véritable équation séculaire. Car les observations, sur-tout les anciennes, ne sont ni assez suivies, ni assez précises, ni peut-être même assez anciennes, pour laisser appercevoir les degrés d'accroissement & de diminution, qui rendent ces inégalités variables. Nous n'avons pas encore eu assez de tems pour que l'observation nous éclaire à cet égard ; c'est à la Géométrie à chercher si l'action mutuelle de Jupiter & de Saturne l'un sur l'autre ne peut pas produire des équations de cette forme. Le mouve-

ment de leurs aphélies eſt infiniment lent; quelques-unes des équations, qui peuvent naître de ce mouvement, doivent avoir des périodes infiniment longues. Les réflexions ingénieuſes de Jacques Caſſini conduiſent à cette idée: la ſolution approchée du problême des trois corps la favoriſe par ſes réſultats; cette ſolution fournit des équations de ce genre, que la démonſtration rigoureuſe de M. de la Grange n'exclut pas. Nous ſentons que, comme cette eſpece d'équation eſt donnée par des méthodes d'approximation, on y retrouve toute leur incertitude. Le mouvement de l'aphélie, encore mal connu, peut ne donner que des coefficiens incertains: d'ailleurs, en deſcendant à ces petits détails, on approche ſans doute de la limite des méthodes; c'eſt-à-dire, du terme où elles peuvent égarer. Quand la théorie, avec les moyens actuels, ne fourniroit aucune de ces équations pour Jupiter & pour Saturne, ſans doute on ne ſeroit pas en droit de conclure qu'elles n'exiſtent point. Nous attendrons de l'avenir ce que le préſent nous refuſe; mais ſi la théorie pouvoit donner aujourd'hui ces équations, ce ſeroit un grand pas vers la connoiſſance des cauſes & vers la perfection de la ſcience.

De cette queſtion de l'altération des moyens mouvemens, on peut paſſer à une autre qui concerne la forme des orbites. Cette forme eſt-elle conſtante, c'eſt-à-dire, l'ellipſe que décrit une planete autour du ſoleil, demeure-t-elle la même, & ne peut-elle ſe reſſerrer pour s'alonger comme l'orbe des cometes, ou s'élargir & s'arrondir davantage, pour s'approcher de la forme circulaire? Ces changemens dépendent de l'excentricité; car lorſque l'excentricité s'anéantit, l'ellipſe devient un cercle. En réfléchiſſant ſur le mouvement d'un corps, qui décrit une ellipſe autour d'un autre, la première cauſe qui ſe préſente pour en altérer la forme, c'eſt la réſiſtance de l'éther; mais comme

comme cette résistance est très-petite, les changemens de l'excentricité sont insensibles (*a*). Il n'en est pas de même de l'action mutuelle des planetes. Toutes les solutions du problême des trois corps enseignent que, si une action étrangère vient troubler le mouvement d'un corps autour d'un autre, ce mouvement reçoit plusieurs altérations, le tems de sa révolution n'est plus le même, l'excentricité est changée. Dans la théorie de la lune, par exemple, la révolution de cette planete, qui auroit lieu, si le soleil ne troubloit pas ses mouvemens, seroit plus courte d'environ six heures, & l'équation du centre plus petite d'environ un degré & demi (*b*). On en peut conclure que toute perturbation a des effets semblables ; & comme tous les corps du systême solaire s'attirent & se dérangent mutuellement, il s'ensuit que les tems des révolutions & les excentricités que nous observons aujourd'hui, ne sont point ceux qui existeroient, si chaque corps se mouvoit à part, tranquillement, sans altération étrangère dans son orbite régulière, tracée autour du soleil. Mais ce changement, arrivé une fois & non répété, ne nous intéresse pas; nous n'avons pas besoin de savoir ce qu'auroit été l'univers dans un autre ordre de choses : le passé n'est rien pour nous, l'avenir seul renferme nos craintes & nos espérances; nous demandons les changemens dont nous ou nos descendans serons les témoins. M. de la Grange a examiné les altérations de l'excentricité de Jupiter & de Saturne; & il a trouvé que l'excentricité de Saturne diminuoit de 1′ 47″ par siecle, tandis que celle de Jupiter augmente d'environ 1′ (*c*). M. de la Place, en traitant la même matière, a trouvé que l'excentricité de Jupiter pouvoit

(*a*) *Voyez* la piece du prix de 1760, par M. l'abbé Bossut; & celle de M. Albert Euler, p. 37.

(*b*) M. Clairaut, Journal des Sav. Déc. Tome II, p. 12.

(*c*) Mém. de Turin, Tome III, p. 378.

varier dans la proportion de 24 à 62, & celle de Saturne dans la proportion de 11 à 83, dans une période de trente-quatre mille ſept cent vingt-trois ans (*a*). Ces variations déterminées de l'excentricité nous font revenir encore ſur la permanence des révolutions ; & s'il nous eſt permis d'élever un doute, nous remarquerons d'abord que l'action d'une planete, lorſqu'elle commence à agir ſur une autre, pour troubler ſon mouvement autour du ſoleil, eſt en tout ſemblable à l'action qu'elle aura ſans ceſſe dans la ſuite des ſiecles ; il ne peut y avoir de différence que dans l'accumulation des effets. Or ſi l'action, appliquée une première fois, a pu altérer la forme de l'orbite & changer la durée de la révolution, nous demandons pourquoi cette action répétée n'auroit pas toujours des effets ſemblables ? Pourquoi l'excentricité & le tems de la révolution ne ſeroient pas de plus en plus altérés ? Et nous le demanderons d'autant plus que, voyant la même théorie donner des changemens périodiques, mais ſucceſſifs & long-tems continués dans l'excentricité, nous y reconnoiſſons cette relation néceſſaire entre l'effet & la cauſe, & une conſtance de changemens, qui ſuit la conſtance d'une action toujours ſemblable à elle-même. Mais pourquoi cette continuité d'effets ſemblables n'auroit-elle lieu que pour l'excentricité ? Pourquoi l'action, qui altéra une première fois le tems des révolutions & la forme des orbites, altère-t-elle encore cette forme, ſans influer davantage ſur les révolutions ? C'eſt ce qui ne paroît pas conforme à la métaphyſique des ſciences. Nous ſoumettons ces difficultés aux Géometres qui en peuvent décider, & nous ſuivons notre objet. M. de la Place a trouvé que l'excentricité du ſoleil augmentoit, & de manière que l'équation du centre, qui en réſulte, croiſſoit d'environ 13″ par ſiecle (*b*). Les obſer-

(*a*) Mém. de l'Acad. des Scien. 1772, 2e Part. p. 368.

(*b*) Mémoires des Savans étrang. 1773. p. 225.

vations ne ſont pas contraires à ces indications de la théorie. L'équation du centre du ſoleil ne laiſſe appercevoir, à la vérité, aucune diminution, lorſqu'on compare celle que nous obſervons aujourd'hui à celle qui réſulte des obſervations de Waltherus; mais une variation de 32″, relative à un intervalle de 250 ans, ſeroit ſans doute peu ſenſible par ces obſervations. Cependant nous ne devons pas diſſimuler que les anciennes déterminations donnent toutes une équation du centre du ſoleil plus grande, au lieu de la donner plus petite; celle de Ptolémée eſt de 2° 23′; celle des Siamois de 2° 12′; celle des Indiens à peu près la même; enfin celle des anciens Perſans eſt de 2° 0′ 30″: & il faut obſerver que cette dernière, trouvée dans les Tables perſannes, en accompagne d'autres fort exactes, telle que celle de l'année ſolaire, qui eſt fixée à 365ʲ 5ʰ 49′ 3″½. Si on pouvoit ſe fier entiérement à ces anciennes déterminations, on croiroit que cette équation diminue au lieu d'augmenter; mais les réſultats préſentés ſeuls, & dénués des obſervations qui les ont fondés, nous laiſſent toujours dans un doute légitime. Les autres équations du centre qu'on a pu examiner, ſont celles de Saturne & de Jupiter; on ſoupçonne une diminution dans celle de Saturne (*a*), qui confirmeroit les théories de MM. Euler & de la Grange (*b*). M. Wargentin a ſuppoſé la variation de l'équation du centre de Jupiter de 2′ 15″, & nous de 1′ 47″ par ſiecle. Ces quantités ſont preſque doubles de celles qu'indiquent les théories de M. de la Grange & de M. de la Place, qui ne donnent guères qu'une minute; mais il faut avouer que les obſervations anciennes peuvent être aſſez ſuſpectes pour rendre douteuſes non ſeulement la quantité, mais l'exiſtence de la

(*a*) M. de la Lande, Aſtron, Tome II, p. 60.

(*b*) Mém. de Turin, Tome III, p. 378. Piece du prix de 1748, & de 1752.

variation. Il n'y a donc rien de bien décidé ſur le changement de la forme des orbites. La théorie l'annonce, les phénomènes ne s'y oppoſent pas formellement : mais il faut ſe reſſouvenir que le changement ſeroit périodique & alternatif: en ſorte que l'excentricité, après avoir augmenté juſqu'à un certain terme, s'arrêteroit pour diminuer. C'eſt l'effet d'une action appliquée tantôt dans un ſens & tantôt dans un autre ; les réſultats ont lieu tour à tour, en plus & en moins, conformément à la balance qui exiſte dans toute la nature, où les forces oppoſées entretiennent le mouvement, en tendant toujours à l'équilibre. Cette altération n'eſt point du même ordre que celle qui peut naître de la réſiſtance de l'éther ; ſi cette dernière exiſte, c'eſt une cauſe toujours agiſſante, une cauſe deſtructive & réſervée à de grandes transformations dans l'immenſité des ſiecles.

Dans le nombre des phénomènes céleſtes, il en eſt qui reſteront peut-être toujours les objets de nos conjectures. Il eſt bien prouvé ſans doute que les cometes ont des révolutions & des retours périodiques ; la partie de leur orbe qui nous avoiſine, la partie obſervable approche infiniment de la parabole & s'y confond, même dans les obſervations. Si l'obliquité de l'impulſion primitive, ayant lancé les cometes dans une direction peu différente de celle de la force centrale, leur a permis un grand éloignement, & cet alongement dans leur route, qui les caractériſe ; ces caractères peuvent appartenir à certaines hyperboles, comme aux ellipſes fort alongées. Pourquoi donc toutes les cometes décriroient-elles de longues ellipſes, tandis qu'il n'y en auroit point qui décriviſſent des hyperboles ? Ce qui détermine la courbe, ou la route que le corps doit parcourir, c'eſt le degré de ſa vîteſſe au moment où il eſt lancé. On ſent qu'il peut y avoir un nombre infini de degrés de vîteſſe. Pourquoi les corps n'auroient-ils reçu que ceux qui font décrire des ellipſes?

M. du Séjour observe qu'il y a un grand nombre de degrés de vîtesse, qui donnent des hyperboles sensibles, & de nature à être distinguées par les observations, tandis qu'il n'y en a qu'un petit nombre qui produise des ellipses assez alongées pour que leurs extrémités se confondent avec des paraboles (*a*). Quelle seroit la raison de ce choix ? Sans doute nous l'ignorerions long-tems ; mais avant de chercher la cause d'un fait, il faut être sûr que le fait existe. L'hyperbole n'est point une courbe fermée, comme le cercle & l'ellipse, où un corps peut faire des révolutions & revenir sur ses pas. En partant de son origine, elle a deux branches qui se prolongent à l'infini & s'écartent toujours, sans pouvoir se rejoindre : un corps qui en suit une, ne peut jamais passer dans l'autre ; tout retour, toute révolution lui est donc impossible. Il y a peut-être eu autant, & plus, de cometes qui ont décrit des hyperboles, qu'il n'y en a qui maintenant décrivent des ellipses. Mais celles-ci sont de notre systême : elles nous appartiennent ; elles portent la même chaîne que nous. L'extension possible de cette chaîne leur permet de s'éloigner ; mais les oblige à revenir. La nature avoit destiné les autres à se séparer de nous : au moment où elles ont commencé à se mouvoir, elles ont commencé à s'éloigner ; elles ont quitté notre systême pour traverser les espaces célestes, atteindre un autre systême, s'approcher d'un nouveau soleil & là, peut-être à raison de la proximité, recevoir de lui le joug que le nôtre n'a pu leur imposer. En conséquence de cette conjecture, le tems & le hasard peuvent nous amener quelque jour des cometes échappées à un systême étranger. Ainsi l'empire des soleils auroit ses rebelles & ses transfuges. Il ne faut donc pas s'étonner de n'appercevoir que des cometes périodiques ; si

(*a*) Essai sur les cometes, p. 337.

toutes celles que nous obſervons ont des routes elliptiques ou paraboliques, les autres ont diſparu & n'exiſtent plus pour nous.

La trainée lumineuſe, qui accompagne quelquefois les cometes, cette queue ſouvent ſi étendue, & jadis ſi effrayante, quoique viſible & meſurable, eſt encore un phénomène dont la vraie cauſe ſera peut-être toujours inconnue, quand ce ne feroit que par la difficulté du choix, entre des explications également vraiſemblables. Newton a penſé que ces aſtres, paſſant d'un éloignement conſidérable à une grande proximité du ſoleil, étoient exceſſivement échauffés; & que les vapeurs volatiliſées s'évaporoient ſous la forme d'une fumée blanchâtre, & ſe rangeoient en colonnes du côté oppoſé. M. de Mairan a imaginé que les cometes, traverſant l'atmoſphère ſolaire, ſe chargeoient des parties lumineuſes qui le compoſent, & les traînoient à leur ſuite. M. Oliver a un ſyſtême différent; il poſe pour principe, que la gravitation n'exiſte que dans les grandes maſſes & dans les portions ſenſibles de la matière. Lorſque la diviſion eſt telle, que les parties ſont infiniment petites, l'attraction ceſſe & la répulſion commence. Cette répulſion ſemble être prouvée par la dilatation exceſſive de l'air; dans ſes états extrêmes, il peut remplir des eſpaces cubiques, qui ſont entr'eux comme 1 à 826140. Les intervalles des particules ſont alors entr'eux comme 1 à 94; elles ne peuvent s'être ainſi écartées que par une force contraire à l'attraction, par une force centrifuge, ou par une véritable répulſion. M. Oliver eſt ici d'accord avec M. de Buffon, qui attribue l'expanſion du feu & de la lumière à la ténuité de leurs parties, qui font qu'elles ſe repouſſent, au lieu de s'attirer. M. Oliver ſuppoſe que tous les corps ont des atmoſphères compoſées de parties très-ſubtiles & très-legeres, qui rendent ces atmoſphères capables de ſe repouſſer lorſqu'elles

ſe rencontrent. Les cometes en ont, le ſoleil en a auſſi lui-même. Une comete, en approchant de cet aſtre, en avançant toujours vers le point d'où part la force répulſive, préſente ſon atmoſphère & à cette chaleur qui la dilate, & à la force répulſive qui en rejette continuellement les parties derrière la comete, du côté où elles ſont plus libres de s'étendre. Les phénomènes de l'électricité appuient cette théorie. Le fluide électrique ſe condenſe autour des corps électriſés, & les environne en forme d'atmoſphère; & lorſque les corps ſont aſſez voiſins, les atmoſphères ſe repouſſent mutuellement. Ces corps, que nous avons ſous les yeux & dans les mains, ſont donc un ſyſtême planétaire en petit; & il ſemble qu'il n'y ait rien à répondre à l'application que l'auteur fait des expériences de M. Franklin. Lui-même en a imaginé une qui eſt très-intéreſſante. Il a pris une petite balle dorée de quatre pouces de diametre, qu'il a attachée à la verge d'une bouteille électrique, puis une autre balle de liége, qu'il a fait traverſer en tous ſens par de longs fils. Cette ſeconde boule étoit ſuſpendue, de manière qu'elle repoſoit ſur la première. Lorſqu'on a fait l'électricité, la répulſion a commencé à agir : tous les fils mobiles ſe ſont dirigés à l'oppoſite de la boule fixe; & en faiſant tomber légérement le vent d'un ſoufflet ſur la boule ſuſpendue, on lui a fait prendre un mouvement de rotation, ou de tranſlation autour de la boule immobile. On a vu cette comete artificielle achever pluſieurs révolutions, tandis que les fils, toujours pliés en forme de queue par la force de la répulſion, ſe dirigeoient toujours à l'oppoſite de la boule, qui dans ſon repos repréſentoit le ſoleil. M. Oliver paſſe enſuite à d'autres conjectures, à celle qui roule ſur la poſſibilité que les cometes ſoient habitées ; il fait voir que la chaleur dépend, en grande partie, de la denſité de l'air. Dans les plaines du Pérou la chaleur eſt très-forte, tandis que ſur les

Cordilières, à une petite distance de la surface de la terre, le froid est excessif. Les habitans des cometes, si elles en ont, peuvent donc ne pas éprouver un grand chaud, ni un grand froid; leur air, infiniment raréfié dans le périhélie, compense la force & l'abondance des rayons du soleil, & rend la chaleur supportable. Au contraire, dans leur aphélie, la petite quantité de la chaleur est multipliée dans une atmosphère plusieurs millions de fois plus dense; elle empêche le froid de devenir nuisible. Comme la comete s'avance à pas lents, ces changemens arrivent par degrés; il n'y a ni secousse, ni révolution, & la bonté de l'Être suprême maintient l'équilibre dans ces globes, que nous avons crus livrés aux plus cruelles alternatives.

M. Oliver ne s'est pas contenté d'examiner la température dont jouissent les habitans de ces astres; il a voulu calculer la lumière qui les éclaire. Il a trouvé que la comete de 1680, qui s'éloigne du soleil cent trente-huit fois plus que la terre, quand même son air ne seroit pas plus dense que le nôtre, jouiroit d'une lumière environ cinq fois plus forte que celle que nous recevons de la lune dans son plein. Mais comme l'atmosphère des cometes est beaucoup plus dense que la nôtre, elle peut réfléchir beaucoup plus de lumière; & cette quantité réfléchie se joint à la lumière directe, pour y former le jour. M. Oliver s'occupe aussi de la respiration des Habitans. Il y a en effet une grande différence de l'air respirable d'une comete périhélie à l'air d'une comete aphélie. M. Oliver remarque que le docteur Halley respiroit fort bien dans la mer sous une cloche, à la profondeur de dix brasses; la condensation de cet air surpassoit trois fois celle de l'air que nous respirons à la surface, & environ douze fois celle de l'air qu'on respire sur les hautes montagnes. Les poulmons s'accommodent de ces différens

différens airs, & n'ont ſouvent que peu de tems pour ſe conformer à ces changemens : ſi les cometes en ſouffrent de plus grands, leur marche lente permet à leurs habitans de s'y faire inſenſiblement; & l'on ſait combien l'Être ſuprême a rendu la nature flexible, pour la ſouſtraire aux cauſes nuiſibles dont elle eſt environnée. Tout cet ouvrage eſt infiniment ingénieux : le ſyſtême eſt très-vraiſemblable; & peut-être l'application de la force répulſive & des phénomènes électriques aux phénomènes de la queue des cometes, mérite-t-elle un autre nom.

Il eſt une eſpece d'apparence céleſte, dont nous n'avons point parlé dans le cours de cet ouvrage, ce ſont les étoiles nébuleuſes, ou plutôt ſimplement les nébuleuſes. Il eſt encore très-douteux ſi, rien de ce qui les concerne appartient à des étoiles; elles tirent ce nom de leur reſſemblance avec les nuages blanchâtres, legers & tranſparens, que l'on voit dans les beaux jours, vers la partie la plus élevée de l'atmoſphère. Tout le monde connoît la voie lactée, cette ceinture blanche & lumineuſe qui enveloppe le ciel : ce n'eſt point une apparence continue; on y diſtingue des intervalles & ſa largeur varie dans l'étendue de ſon cours. Les nébuleuſes paroiſſent être de la même nature. Elles ſont anciennement connues; Ptolémée en fait mention; Démocrite a dit, il y a plus de deux mille ans, que la voie lactée eſt compoſée d'une multitude d'étoiles, ſerrées les unes contre les autres, inviſibles par leur petiteſſe, mais dont les rayons réunis & confondus forment cette apparence lumineuſe. L'explication doit être la même pour les nébuleuſes. Lorſque les lunettes furent découvertes, & que l'on put examiner plus attentivement le ciel, on vit en effet que pluſieurs de ces nébuleuſes étoient un amas d'étoiles; les étoiles étoient ſéparées, diſtinguées dans le téleſcope, & le nuage n'exiſtoit plus. Mais lorſque ce même téleſcope fut

tourné vers les vraies nébuleuses & vers la voie lactée, il fut impossible d'y appercevoir aucune étoile; ou du moins si quelques étoiles sont semées dans leur étendue, elles sont trop rares pour être la cause de la lumière. Le télescope a fait découvrir une infinité de ces nébuleuses, le ciel en est parsemé: M. de la Caille en a compté quarante-quatre dans le ciel austral qu'il a décrit en entier (*a*); M. le Gentil en a découvert plusieurs (*b*), & M. Messier a dressé un Catalogue assez ample de celles qu'il a eu occasion de connoître dans l'hémisphère boréal (*c*).

Nous allons faire l'histoire de la nébuleuse d'Andromède, qui a été mieux examinée que toutes les autres. Elle fut découverte en 1612 par Simon Marius; *le 15 Décembre*, dit-il, *je vis, au moyen de la lunette, une étoile fort extraordinaire par sa figure, & telle que je n'ai rien trouvé de semblable dans tout le ciel. Elle est à la ceinture d'Andromede; elle paroît à la vue simple comme un petit nuage. Lorsqu'on la regarde avec la lunette, on n'y voit point de petites étoiles, comme dans la nébuleuse du Cancer & dans toutes les autres nébuleuses; mais on y apperçoit seulement quelques legers rayons de lumière blanchâtre, & d'autant plus clairs qu'on approche davantage du centre. Ce centre n'est lui-même marqué que par une foible clarté, sur un diametre de près d'un quart de degré. Elle m'a paru avoir tout-à-fait l'apparence de la flamme d'une chandelle, qu'on verroit dans la nuit à travers de la corne transparente* (*d*). M. le Gentil a examiné attentivement cette clarté du centre: *en regardant un peu fixement cette nébuleuse*, dit-il, *il y a des momens où on croit appercevoir dans son milieu une très-petite étoile, ou du moins une*

(*a*) Mém. Acad. des Scien. 1755, p. 194.

(*b*) Mémoires des Sav. étrang. Tome II, p. 137.

(*c*) Mém. Ac. des Sc. 1771, p. 435.

(*d*) *Voy.* la Préface de son ouvrage intitulé *Mundus jovialis*.

espece de noyau plus lumineux que le reste. On remarque à peu-près la même chose avec une lunette de deux pieds de longueur; mais lorsqu'on emploie une lunette de huit ou neuf pieds, la nébuleuse conserve partout la même densité & la même lumière. Les rayons qu'elle jette de tous côtés vont se perdre dans le ciel; & comme ils ne sont composés en apparence que de filets très-déliés & assez détachés les uns des autres, leur extrémité se confond aisément avec l'azur céleste. Cela suffit donc lorsqu'on la regarde à la vue simple, ou avec une petite lunette, pour la faire paroître plus claire & plus lumineuse vers son centre que vers ses bords (*a*). M. le Gentil en a découvert encore une autre dans la même constellation; elle est composée de deux rayons. D'autres, au lieu d'être distinguées en jets & en rayons, ne présentent qu'un petit espace d'une lumière égale & continue. On a cru remarquer des changemens de forme dans la nébuleuse d'Andromede; on va même jusqu'à soupçonner qu'elle peut avoir disparu pendant quelque tems, & être sujette aux mêmes altérations d'apparition & de disparition que quelques étoiles du ciel. Voici sur quoi on l'imagine: cette nébuleuse avoit été connue bien avant le tems de Simon Marius; cet Astronôme n'a fait que ce que bien d'autres ont fait dans les sciences, c'est de réinventer ce qui avoit été connu & oublié avant eux. La nébuleuse est marquée sur un catalogue d'étoiles, dressé dans le dixieme siecle, six cens ans avant Simon Marius (*b*); catalogue dont l'auteur est anonyme; il représente la nébuleuse sous une figure ovale. M. Cassini dit que sa figure est à peu-près triangulaire. En 1747 & 1749, M. le Gentil la vit circulaire: en 1757 & 1758, elle lui parut ovale, comme dans la figure de l'Astro-

(*a*) Mém. de l'Ac. des Sc. 1759, p. 462.

(*b*) *Ibid.* pag. 459.

nôme anonyme ; il lui trouva même beaucoup plus d'éclat (*a*); avec un télescope grégorien de six pieds, elle lui parut ressembler à la gueule ouverte d'un animal (*b*). Ces apparences, ces figures tiennent peut-être aux instrumens qu'on emploie; nous croyons même qu'en faisant usage de télescopes d'une certaine force, cette lumière legère pourroit s'évanouir, & la nébuleuse ne seroit plus sensible. La preuve en est simple : avec des lunetes depuis huit jusqu'à quinze pieds, on distingue trois petites étoiles qui sont renfermées dans l'étendue de la nébuleuse ; avec un télescope de six pieds, les petites étoiles paroissent à côté. Il est évident que la force du télescope a fait évanouir la lumière apparemment plus foible où ces étoiles étoient comprises, & a diminué l'étendue de la nébuleuse. Bouillaud pense qu'elle peut être sujette à disparoître, parce qu'ayant été connue au dixieme siecle, elle n'a été ni vue auparavant par Hypparque & par Ptolémée, ni après par Tycho & par Baïer. Depuis 1612 il n'en a plus été question, jusqu'en 1664, où Bouillaud la vit & la trouva plus lumineuse qu'en 1666. M. le Gentil lui-même l'a vue plus claire dans un tems que dans un autre ; mais ces différences peuvent tenir à un peu plus ou à un peu moins de transparence dans l'atmosphère. Nous n'en savons pas encore assez pour prononcer sur ces alternatives : c'est au tems à nous instruire ; nous revenons aux nébuleuses en général.

On ne peut douter qu'elles ne soient en tout semblables à la voie lactée ; on diroit que ce sont les débris épars de la matière dont la nature a composé cette traînée blanchâtre. Ces nébuleuses n'ont pas plus de parallaxe que les étoiles, elles sont donc à la même distance. Il en résulte que ces espaces où l'on

---

(*a*) Mém. Acad. Scien. 1759, p. 64. (*b*) *Ibid.*, p. 466.

doit jouir d'un jour perpétuel, ces eſpaces ſi petits à notre vue, ſont cependant plus grands que tout le ſyſtême ſolaire ; car ſi nous nous tranſportions dans une étoile pour conſidérer de loin les planetes, ces maſſes énormes qui roulent autour de nous, les eſpaces & les millions de lieues qu'elles parcourent, tout cela n'occuperoit, au plus, dans le ciel qu'une étendue de dix ou douze ſecondes, tandis que pluſieurs de ces nébuleuſes en occupent une cent fois plus grande. M. de Mairan voyant l'atmoſphère immenſe du ſoleil ſe montrer quelquefois à l'horizon le ſoir & le matin, ſous le nom de lumière zodiacale & ſous l'apparence d'une traînée blanchâtre, fort reſſemblante à la voie lactée & aux nébuleuſes, a imaginé que les nébuleuſes & la voie lactée étoient produites par les atmoſphères des étoiles; cette idée ingénieuſe eſt bien difficile à admettre. Pourquoi ne ſeroit-ce que dans la voie lactée, & dans un petit nombre d'eſpaces céleſtes qu'on rencontreroit ces étoiles revêtues d'atmoſphères, & réunies en aſſez grand nombre, & aſſez ſerrées pour compoſer de ces atmoſphères une zône entière du ciel, tandis que tout le reſte, peuplé d'un nombre de belles étoiles & d'une multitude de petites, n'offre point le même phénomène? D'ailleurs ſi tant d'étoiles brillent d'une lumière ſi foible, comment concevoir que les atmoſphères, qui ne ſont lumineuſes que par ces étoiles, puiſſent nous envoyer une lumière ſenſible? La lumière zodiacale n'a pas plus d'intenſité que la voie lactée; mais elle eſt infiniment plus proche. On peut juger de ce qu'elle ſeroit à la diſtance des étoiles. L'explication de Démocrite préſente auſſi beaucoup de difficultés. Si l'on a trouvé des nébuleuſes qui ne ſont que des amas d'étoiles, ſi l'on en a vu d'autres, où quelques étoiles ſont ſemées au milieu d'un nuage blanchâtre, les plus forts téleſcopes, dirigés vers ces nébuleuſes, ou vers la voie lactée, ne multiplient point ces

découvertes, & n'augmentent point le nombre des étoiles visibles ; tout reste dans le même état. Derham a observé les nébuleuses avec un excellent télescope, & il pense qu'elles ne sont ni des étoiles, ni des corps qui répandent la lumière ou la réfléchissent; ce ne sont pas non plus des amas d'étoiles, ce sont des aires blanchâtres, semblables à des amas de vapeurs nébuleuses d'où elles tirent leur nom. Il dit avoir discerné visiblement que chacune de ces nébuleuses est à une distance immense au-delà des étoiles fixes; distance au moins égale à celle qui sépare les étoiles de nous. Mais l'optique ni l'Astronomie n'ont jusqu'ici fourni aucun moyen d'estimer ces distances, & par conséquent de les comparer entr'elles. Derham va plus loin; il imagine que ces espaces lumineux sont des vides ou des ouvertures, sans doute à la voûte céleste, par lesquels on apperçoit une région immense & lumineuse, placée au-delà des étoiles (*a*). Cette opinion appartient aux anciens philosophes Grecs: si les mêmes vérités renaissent, si les mêmes inventions sont renouvelées dans la suite des siecles, on voit que les erreurs reviennent comme elles; celle-ci tient sans doute à la difficulté de l'explication. Dira-t-on que la matière de ces apparences est celle de la lumière, qui, envoyée sans cesse de tous les soleils, réfléchie par toutes les planetes, est pompée par quelque agent inconnu, & accumulée dans ces espaces? Mais cette explication seroit insuffisante & chimérique, tant qu'on ne seroit pas en état de déterminer l'agent qui auroit cette puissance. Il faut donc borner nos efforts & nos desirs, puisque la nature l'a voulu : il faut abandonner ce qui est trop loin de nous, porter nos regards sur ce qui nous entoure ; assez de faits suffiront à notre étude.

(*a*) Transactions philosophiques, n°. 428.

Les vérités que nous avons exposées, les conjectures par lesquelles on a quelquefois essayé de réunir celles de ces vérités qui semblent séparées, ou de trouver des causes à des apparences singulières, à des phénomènes isolés, forment un tableau de l'Univers; univers immense où une infinité de soleils ont chacun leur empire particulier, & dont notre grand systême solaire ne fait qu'une très-petite partie. Le soleil qui nous éclaire, qui régle tous les mouvemens des planetes, occupe le centre de notre systême, & nous l'avons supposé immobile; mais cette supposition est-elle légitime? Le soleil est-il dans un repos absolu? C'est ce qui nous paroît difficile à croire dans un monde dont le mouvement est la vie. Tout naît, tout meurt par le mouvement: chaque portion de la matière en est susceptible; il n'en est aucune, qui à chaque instant ne tende à se mouvoir, & si elle reste en repos, c'est que sa force est tenue en équilibre par une force contraire. Si l'Être suprême a ainsi répandu partout avec profusion dans la matière inanimée la faculté de se mouvoir, si les plus petites molécules en sont revêtues, pourquoi la grande masse du soleil en seroit-elle privée? Nous ne voyons point qu'elle ait de mouvement; est-ce une raison de croire que ce mouvement n'existe pas? Nous ne pouvons en juger que par le changement de relation avec les objets environnans; le soleil n'en a point, ou n'en a qu'à une distance infinie. Cette distance, que nos mesures n'atteignent pas, qui passe même nos conceptions, peut changer, & beaucoup, sans que nous nous en appercevions. L'infini, où notre esprit se confond & se perd, peut être augmenté ou diminué; il restera toujours infini, c'est-à-dire, quelque chose de trop vaste pour nous. Nous avons dit que l'éloignement des étoiles surpassoit deux cent six mille fois celui du soleil. Si cet astre s'étoit rapproché de ces étoiles, & nous en avoit rapprochés

nous-mêmes, de manière que leur éloignement fût réduit à deux cent mille fois la distance du soleil à la terre, ce changement ne seroit point sensible; la parallaxe annuelle de ces fixes ne seroit ni moins petite, ni plus observable: cependant le soleil se seroit avancé vers ces étoiles d'une quantité égale à six mille fois sa distance à la terre; ce qui vaut environ deux cent mille millions de lieues, & nous ne nous en appercevrions pas! La terre est le centre des mouvemens de la lune, elle est immobile à l'égard de cette petite planete; la terre, en décrivant sa propre orbite autour du soleil, emporte la lune avec elle. L'empire de la première, la dépendance de la seconde ont leur effet entier, comme si la terre étoit en repos. Imaginons une table horizontale, sur laquelle un corps décrive un cercle autour d'un point par un méchanisme quelconque; si on fait mouvoir la table, le mouvement du corps restera le même. Il n'est question que d'imaginer une table plus grande, où l'on puisse placer le soleil au milieu, les six planetes qui tournent autour de lui, & les dix satellites qui tournent autour d'elles; on conçoit que cette table, ainsi chargée, peut se mouvoir en emportant tout avec elle, & sans rien changer à aucun de ces mouvemens. On conçoit encore qu'un œil fixé à cette table, ne considérant qu'elle, ne voyant rien de changé en elle, ne s'apperçoit point de son mouvement. Il en est de même du soleil qui, s'il se meut, mene à sa suite les sujets qui dépendent de sa puissance & le cortége qui fait sa grandeur; & nous, qui, sommes une partie de ce cortége, qui habitons en dedans du systême, nous voyons que tout s'exécute & se renouvelle dans un ordre immuable autour du soleil. Nous ne nous éloignons, ni ne nous approchons des étoiles que nous voyons de si loin; nous n'avons aucun indice du changement, tout nous persuade l'immobilité absolue du soleil. Mais cette image du repos

physique

physique peut être aussi trompeuse que l'image du repos moral : il ne suffit pas que le soleil paroisse immobile pour le juger réellement tel. Nous sommes même fondés à croire que cette immobilité n'est qu'apparente. Les plus fortes raisons d'analogie nous autorisent à croire que les étoiles sont des soleils. On leur a donné le nom d'étoiles fixes, parce qu'en général elles restent constamment dans le ciel à la même place. Cependant les découvertes modernes ont fait voir que cette regle souffre des exceptions : quelques belles étoiles ont changé de position dans le ciel ; ces changemens sont legers, mais ils sont assez sensibles pour être décisifs. Plusieurs étoiles de l'Aigle, d'Orion, du Lion ont laissé appercevoir de petits mouvemens ; mais sur-tout Arcturus & Sirius, qui se sont avancés & s'avancent encore vers le midi (*a*). Ces mouvemens n'appartiennent point à notre globe ; ils seroient communs à la multitude des étoiles, & puisqu'ils sont différens pour chacune d'elles, ils sont réellement propres à ces étoiles.

Quelle que soit la lenteur de ces mouvemens, ils nous apprennent que le repos absolu n'existe nulle part dans l'univers, que ces astres semblables au soleil, que ces masses énormément volumineuses sont susceptibles d'être transportées dans l'espace comme les plus petites. Si l'on demande quelle est la nature de ce mouvement, quelle est la force qui le produit, nous ne pouvons leur assigner qu'une cause conjecturale. Nous voyons dans la nature deux especes de forces ; l'une est la force d'impulsion que tous les corps ont reçue, l'autre est la force attractive qui semble résider dans la matière, & dont chaque molécule paroît être animée. C'est

(*a*) *Voy.* Halley, Transac. phil. 1718, n°. 355.
Jacques Cassini, Mém. Acad. des Scien. 1738, p. 345.
M. Bradley, Transf. phil. 1748, n°. 485.
M. le Monnier, Mém. Acad. des Sc. 1769, p. 14.
M. de Thury, *Ibid.* p. 1.

peut-être une de ces causes; ce sont peut-être les deux ensemble qui font mouvoir tous les soleils. L'impulsion primitive donnée aux planetes, peut avoir été étendue aux grands corps comme aux petits; la nature peut les avoir poussés tous dans l'espace, les uns pour gouverner, les autres pour obéir. Les mondes voyageroient, sans que nous puissions dire ni d'où ils viennent, ni où ils vont. Il est possible encore que ces énormes masses solaires aient une sphère d'activité prodigieusement étendue. Nous voyons que la puissance du soleil suit la comete de 1680, jusqu'à une distance de cinq mille sept cent millions de lieues, & que là cet astre est encore assez fort pour arrêter la course fugitive de la comete, & la faire revenir vers lui. Qui sait si les sphères des différens soleils ne peuvent pas s'atteindre, si leur puissance, capable de tant d'effets, ne s'exerce pas aussi sur eux-mêmes. Ces masses douées du pouvoir d'agir, ont également celui de résister; elles ne sont que peu déplacées, mais l'action la plus foible, avec une constance sans bornes & du tems, qui ne manque pas à la nature, peut changer la face de l'univers. Les soleils, par cette tendance mutuelle, seroient destinés à se réunir un jour en une seule masse. Ce seroit une de ces causes de destruction, que nous ne cherchons partout que parce que nous la sentons en nous-mêmes; nous sommes affligés de passer, de finir, lorsque le monde reste & persévere. Peut-être, & cette conjecture est plus satisfaisante, que l'impulsion & l'attraction contribuent également à ce mouvement. Pourquoi les soleils, dans de vastes circuits, avec des durées proportionnées à leur majesté imposante, n'auroient-ils pas une marche semblable à celle des planetes? Si, comme elles, ils ont reçu l'impulsion primordiale, s'ils sont capables de s'attirer mutuellement, si les amas d'étoiles, dont nous avons déjà parlé, forment des systêmes de soleils analogues aux systêmes des planetes, ces

ſoleils, ces ſyſtêmes peuvent ſe mouvoir par des loix éternelles, comme les planetes elles-mêmes : & la nature nous préſentera une ſuite de copies du même deſſein, également belles, mais diminuant de grandeur depuis le corps, quel qu'il ſoit, qui eſt le centre de tout, autour duquel roulent les ſyſtêmes de ſoleils; tandis que les petits tournent autour d'un plus grand, les planetes autour de ces petits ſoleils, les ſatellites autour de ces planetes; & enfin juſqu'au pendule, qui oſcillant ſur ſon point de ſuſpenſion, eſt dans nos obſervatoires l'image en petit des plus grands effets de la nature, & démontre à notre imagination étonnée comment un corps mu par une impulſion une foi donnée, & en même tems enchaîné à un centre par un lien quelconque, peut courber ſa marche & circuler autour du centre. Ce pendule ſe meut comme la terre, comme le ſoleil lui-même; & la loi générale de la nature s'accomplit ſous nos yeux, comme dans les eſpaces que nous atteignons à peine par la penſée.

La dernière conjecture qu'il ſeroit ſatisfaiſant de propoſer, ſeroit celle qui auroit pour objet l'attraction même, ſa cauſe, & le méchaniſme de ſes effets. On a inutilement tenté juſqu'ici de ramener ce méchaniſme à celui de l'impulſion; une infinité de ſyſtêmes ont été produits, qui ont été bientôt rejetés, à cauſe de leur inſuffiſance. La multitude des effets de l'attraction eſt innombrable; il faut que le même ſyſtême les explique tous. Deſcartes, Huyghens, Varignon, Mairan, l'abbé de Moliere ont adopté, corrigé l'hypothèſe des tourbillons; M. de Mairan ſeul les avoit abandonnés dans ſa vieilleſſe. Il étoit trop bon philoſophe pour reſter Cartéſien, lorſque les ſolutions du problême des trois corps, celles des problêmes de la préceſſion des équinoxes & des marées avoient ſuivi la gravitation dans les plus petits effets, & avoient montré ſon univerſalité, lorſque ſur-tout les cometes reconnues pour des aſtres durables,

ſe mouvant quelquefois dans un ſens contraire à ces tourbillons, avoient détruit leur influence imaginaire, comme jadis elles avoient briſé les cieux de verre des anciens. Les grands noms des partiſans de l'hypothèſe des tourbillons, leurs efforts inutiles démontrent la fauſſeté de cette hypothèſe. Les tourbillons doivent être à jamais oubliés. Les Géometres, les Aſtronômes & les Philoſophes ſe ſont preſque tous déterminés à regarder l'attraction comme une propriété eſſentielle à la matière; ils s'y ſont déterminés pour enchaîner leur imagination & pour repoſer leur penſée. Sans doute la nature agiſſante eſt ſous un voile éternel : mais les premiers effets ſortis de ſes mains ſont pour nous des cauſes primordiales; c'eſt-là que nous devons borner des efforts qui deviendroient inutiles. Nous nous ſommes perſuadés que l'attraction étoit un de ces effets primitifs, produits par la volonté de l'Être ſuprême & par la puiſſance de la nature, & deſtinés à nous repréſenter les cauſes primordiales. Si nous nous trompons, c'eſt ſans aucun danger; nous examinons des effets particuliers, nous les ramenons à un effet général : que nous importe que cet effet général ſoit en lui-même une cauſe ou un effet ? S'il dépend réellement d'une cauſe méchanique, nous ſommes prêts à admettre cette cauſe, quand on nous la préſentera revêtue de toutes ſes preuves. Nous avons, dans ce moment, ſous les yeux une *Phyſique du monde* de M. le Baron de Marivetz; l'auteur y donne l'impulſion pour la cauſe générale. Comme M. Daniel Bernoully, il ſuppoſe que cette impulſion naît de l'atmoſphère ſolaire & de ſa rotation; avec cette différence que l'illuſtre Géometre ne lui attribuoit que le mouvement de projection, au lieu que M. de Marivetz attribue à cette cauſe & à ſes modifications locales la tendance même vers le ſoleil. Tout, dans une pareille hypothèſe, dépend de l'accord des conſéquences du principe avec les phénomènes:

il ne nous reſte pas aſſez de tems pour en apprécier les preuves; les ſavans les jugeront. Nous voyons ſeulement que l'auteur préſente ſes idées avec clarté & ſes objections avec une politeſſe digne d'éloges. Nous ſavons que M. le Sage, citoyen de Geneve, & correſpondant de l'Académie des Sciences de Paris, eſt occupé, peut-être depuis trente années, à la recherche de cette cauſe méchanique. Ce tems de trente années ne paroîtra point long, ſi l'on fait attention à la multitude des faits qu'il faut expliquer, à la difficulté d'imaginer une cauſe qui puiſſe tout embraſſer; & cette conſtance n'étonnera point dans un eſprit doué d'une grande profondeur, & capable d'un courage égal à l'importance de l'entrepriſe. Le ſeul moyen d'applanir les difficultés, de renverſer les obſtacles, eſt de les preſſer de toute la force de notre eſprit, & d'employer contr'eux tout le tems que la nature nous donne. Un homme, qui atteint ſon objet avant de mourir, ne doit point regretter la dépenſe de ſa vie entière. M. le Sage a remporté en 1758 un prix de l'Académie de Rouen ſur la cauſe méchanique des affinités, qui ne ſont que les attractions particulières des corps. C'eſt là qu'il a poſé la baſe de ſon ſyſtême; la gravité y naît de l'impulſion. Le mouvement d'un fluide y produit ce grand phénomène; mais ce fluide n'eſt point ſemblable à celui de Deſcartes & de ſes imitateurs, dont la marche en tourbillons ſouffroit les plus fortes difficultés. Celui de M. le Sage ſe meut en ligne droite: les corpuſcules en ſont lancés de toutes parts & dans toutes les directions; ils ſont doués d'une grande vîteſſe, ils ſont très-petits & ſéparés par de grands intervalles; capables par conſéquent de ſe croiſer ſans ſe nuire, d'agir ſur la partie ſolide des corps, &, au moyen de leurs pores, de les traverſer pour aller agir au-delà. Nul obſtacle n'arrête ce fluide, comme nul obſtacle n'empêche l'attraction; nous ne pouvons en dire

davantage ſur cet article. Les explications de quelques phénomènes perdroient à paroître iſolées; le ſuccès d'un pareil ſyſtême dépend de la totalité des explications; c'eſt donc à l'auteur à les préſenter en maſſe. Nous ne devons pas non plus ni applaudir au ſyſtême, ni élever des objections; nous ne ſommes que l'organe du public, & il n'a pu prononcer ſur un ouvrage qui n'eſt pas encore publié. Mais les ſavans, qui connoiſſent le but & les efforts de M. le Sage, rendront juſtice à ſes lumières & applaudiront à ſa conſtance; il eſt naturel même de ſouhaiter le ſuccès qu'il mérite. Ce ſeroit une choſe bien ſatisfaiſante, que le développement du méchaniſme de la gravité. Quoique nous nous repoſions dans l'idée qu'elle eſt une propriété de la matière, cependant l'eſprit humain eſt confondu quand il cherche à ſe figurer comment cette propriété peut s'exercer, comment les corps céleſtes, ſans agens intermédiaires, ſans levier, ſans bras, peuvent les uns les autres ſe ſaiſir, ſe maîtriſer à des diſtances énormes; & enfin comment cette vertu occulte & prodigieuſe, attachée aux corps mêmes, peut ſe tranſporter ſi loin, ſans ceſſer d'y réſider.

HISTOIRE
DE
L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS V.

Des Conſtellations & des Signes du Zodiaque.

RIEN n'eſt plus impoſant que le ſpectacle du ciel étoilé, rien n'eſt plus propre à remuer l'imagination & à réveiller des idées de grandeur & d'étendue! La nuit nous préſente une multitude de flambeaux confuſément épars ſur une voûte apparente; & tandis que la vue nous attache à ce ſpectacle, la raiſon éclairée par les travaux des ſiecles, briſe cette voûte, en rejette l'illuſion, & ne voit plus qu'une infinité de corps lumineux placés à des diſtances énormes, & des mondes ſemés ſans nombre dans des eſpaces ſans bornes. Mais en même tems l'imagination ſe rappelle que l'homme a claſſé toutes ces étoiles, y a deſſiné des groupes & leur a impoſé des noms.

L'ancienne hiſtoire y eſt écrite, & la fable y eſt figurée; les premiers Dieux y conſervent un empire. Anciennes erreurs, vérités antiques, tout eſt écrit dans ce livre; & l'homme qui ſait y lire, retrouve à la fois la grandeur majeſtueuſe de la nature, la mythologie & les débris des cultes, les leçons de la fable & le ſouvenir de ſes premiers ancêtres.

Ces Dieux, ſi long-tems adorés, leurs aventures, leurs hauts faits, leur généalogie, conſignés dans tant de Poëmes, leurs noms tracés dans le ciel, ont inſpiré aux hommes la curioſité de pénétrer dans ces récits, de démêler ce qui appartient à la vérité ou à la fiction; de deviner dans quel tems ont vécu ces perſonnages, dans quels lieux ſont arrivés les faits rendus ſacrés par une longue mémoire. Si la durée de la tradition eſt proportionnée à l'importance des choſes, qu'y a-t-il eu de plus important que celles dont le ſouvenir a réſiſté aux ſiecles & aux révolutions qui ont changé pluſieurs fois la face de la terre!

Il y a déjà long-tems qu'on a découvert ou ſoupçonné que ces prétendus Dieux n'étoient que des hommes diviniſés. Depuis, en particulariſant cette idée, les uns ont penſé que les noms étant déguiſés & les hiſtoires traveſties, la fable n'étoit qu'une altération des récits de la Bible; les autres, ſous un autre point de vue, y ont apperçu l'hiſtoire des anciens peuples; hiſtoire enveloppée des ornemens du merveilleux, & chargée des erreurs de l'ignorance. Quelques modernes n'ont vu dans ces fables que des allégories; ce ſont des emblêmes dont le ſens a été méconnu. Jadis, avant l'invention de l'écriture, ou du moins lorſqu'elle n'étoit pas vulgaire, on offroit au peuple des images, on lui parloit par des hiéroglyphes; c'eſt ainſi qu'il étoit inſtruit des ſaiſons, & averti des travaux de l'agriculture. L'intelligence des hiéroglyphes s'eſt perdue; on a cependant

cependant voulu expliquer ce qu'on n'entendoit plus, & les emblêmes figurés ont produit des hommes & des hiſtoires. Deux ſyſtêmes modernes & très-ingénieux ont rapporté l'origine des fables, le premier à l'Agriculture, le ſecond à l'Aſtronomie, ou plutôt à l'une & à l'autre enſemble. Ces deux ſyſtêmes n'en font qu'un, puiſque le ciel commande à la terre, & que les travaux de la campagne ſont réglés par la marche des aſtres & par l'état du ciel.

L'Aſtronomie de M. de la Lande renferme l'expoſé d'un de ces ſyſtêmes, dont l'auteur eſt M. Dupuis (*a*). Il appartient à l'hiſtoire de cette ſcience d'en donner une idée, & d'y joindre quelques réflexions. Nous avons remarqué plus d'une fois combien les anciens étoient attentifs aux levers & aux couchers des étoiles, qui leur annonçoient les ſaiſons, & qui dirigeoient les travaux du laboureur. M. Dupuis trouve dans les circonſtances de ces levers & de ces couchers l'origine de la plupart des fables & des récits de la mythologie. La ſucceſſion de ces phénomènes pour le climat de l'Egypte, & dans un tems très-reculé, explique la généalogie & la parenté des perſonnages, leurs aventures, leurs inclinations, leurs morts, &c. Ce n'eſt pas ici le lieu de rapporter, & encore moins d'examiner le détail de ces explications. La clef du ſyſtême, entiérement nouvelle, a une grande vraiſemblance. Une conſtellation ſe leve à l'orient, la fable lui fait tuer celle qui en même tems ſe couche à l'occident; deux conſtellations ſe levent ſucceſſivement, l'une eſt la fille de l'autre. Ces hypothèſes ſéduiſantes peuvent renfermer des vérités. Nous ne dirons point ſi ces explications ſont les ſeules qui ſoient vraiſemblables, ſi un pareil travail fait pour un autre climat que

(*a*) Profeſſeur de Rhétorique au Collége de Liſieux.

celui de l'Egypte, n'offriroit pas des idées aussi plausibles dans un ciel rempli d'étoiles, où un nombre de constellations diversement figurées & revêtues d'une multitude de noms, peuvent donner lieu à des allusions peut-être fort différentes; il suffit à ce système d'être ingénieux, il doit faire honneur à son auteur.

Nous rappelerons seulement quelques principes déjà établis dans cette histoire. Le savoir astronomique & connu des Egyptiens se réduit à très-peu de chose. Voici ce que nous en avons dit dans notre premier volume de l'Astronomie ancienne: » nous ne voyons pour eux que la position de leurs pyramides, » qui suppose des méthodes astronomiques; la connoissance » très-ancienne de l'année de 365$^j\frac{1}{4}$, & le vrai mouvement » de Mercure & de Vénus (*a*). » Mais en leur attribuant ces connoissances, pour ne pas risquer d'être injustes, nous sommes loin de vanter leur science; nous penchons même à en douter, & nous avons élevé à cet égard des préjugés légitimes (*b*). Nous n'avons point cru à leur savoir sur leur parole, ni sur les exagérations des Grecs. La position des pyramides n'exige pas que les Egyptiens fussent très-savans: l'usage d'orienter les édifices a été presque général dans l'antiquité; & non seulement chez des Nations éclairées, telles que les Chinois & les Brames, mais en Amérique même, & chez les Péruviens. Il n'est pas difficile d'orienter passablement les faces d'un édifice. A l'égard du quart de jour ajouté à l'année, il suppose des observations; mais il n'est pas nécessaire qu'elles aient été ni très-suivies, ni très-précises. On ne peut en aucune façon, comparer l'Astronomie, qui a donné ce quart de jour, avec celle qui a réglé les années sidérales &

(*a*) Hist. de l'Astron. anc. p. 182.

(*b*) *Ibid.* p. 166, 181.

fort exactes que l'on retrouve dans l'Aſie. Il n'y a donc que le vrai mouvement de Mercure & de Vénus, qui annonce & des obſervations bien faites, & du ſavoir aſtronomique ; *mais* il n'eſt point du tout prouvé que cette découverte appartienne à l'Egypte. L'antiquité garde le ſilence ſur les inventeurs ; Macrobe ſeul a cité les Egyptiens. Ce ſont les Grecs qui ont fait la réputation de ce peuple ; mais les Chaldéens & les Orientaux en général ont une ſupériorité très-marquée ſur lui. C'eſt en Aſie qu'on retrouve les grandes & longues périodes, la connoiſſance exacte des mouvemens du ſoleil & de la lune, & celle du mouvement des étoiles, la méthode de calculer & de prédire les éclipſes, la double diviſion du zodiaque ; enfin tous les monumens d'une Aſtronomie anciennement cultivée. On ne peut oppoſer à ces monumens que les éloges des Grecs, diſciples qui n'ont pas fait beaucoup d'honneur à leurs maîtres. Cette opinion greque, long-tems conſervée en Europe, n'eſt qu'une prévention de l'orgueil ou de la reconnoiſſance ; elle ne peut balancer les faits qui dépoſent pour l'Aſie. On peut croire que les Egyptiens étoient médiocrement inſtruits en Aſtronomie ; on eſt encore plus sûr qu'ils n'étoient point communicatifs. Quand on vouloit participer aux connoiſſances des Prêtres d'Egypte, il falloit la recommandation, les ordres réitérés des Rois ; Pythagore fut obligé de ſe ſoumettre à la circonciſion ; encore Pythagore & les autres Grecs, qui voyagerent en Egypte, n'ont-ils preſque rien obtenu de ces Prêtres ſi réſervés. Ce myſtère bien prouvé rend peu vraiſemblable l'inſtruction générale de l'univers. Comment ces Prêtres, ces peuples ſi myſtérieux, auroient-ils porté ou laiſſé porter leurs inventions, leurs connoiſſances dans les pays les plus éloignés, aux Indes, à la Chine, au Japon, & juſques chez les peuples nommés Hyperboréens ? C'eſt une vérité bien prouvée, que

tous les peuples de la haute antiquité, ſauvages & myſtérieux, vivoient iſolés, & ne ſe communiquoient rien. Nous ſommes partis de cette vérité pour nier toute communication entre ces peuples antiques, du moins toute communication aſſez libre & aſſez facile pour avoir de grands effets, & pour établir cette vaſte circulation de connoiſſances, qui eſt un avantage de l'Europe civiliſée, & qui eſt entiérement nouvelle ſur la terre. Nous avons conçu que jadis ces connoiſſances avoient été tranſmiſes par héritage, qu'elles s'étoient propagées avec les colonies; & que ſorties de la ſouche, elles s'étoient étendues & partagées dans les branches des peuples.

On peut même préſumer que ce ſont plutôt les Egyptiens qui tiennent quelque choſe des autres Nations, ſoit parce qu'ils en ſont deſcendus, ſoit parce qu'ils ont partagé à la même ſucceſſion. Scaliger nous a conſervé trois ſphères, la perſienne, l'indienne & la barbarique. Cette ſphère barbarique eſt celle qui eſt relative au climat de l'Egypte; elle eſt ainſi nommée, parce que les Grecs regardoient comme barbare tout ce qui étoit étranger à leur climat, à leur langue, à leurs mœurs; & malgré leurs éloges exagérés, ils traitoient ſouvent de barbare cette Egypte, leur mère & leur inſtitutrice. Ces ſphères nous donnent les déſignations des conſtellations connues dans l'Inde, dans la Chaldée & dans l'Egypte; elles peuvent donc être comparées. L'indienne differe tout-à-fait des deux autres; la perſienne a des rapports avec l'Egyptienne. On y retrouve l'Hydre, le Lion, le Chien, le Taureau, la petite & la grande Ourſe, la Vierge avec l'Épi. Ces reſſemblances ne permettent pas de douter que l'une des ſphères n'ait été fabriquée ſur l'autre. Mais on trouve dans la ſphère barbarique & égyptienne les conſtellations, revêtues des mêmes noms ſous leſquels nous les connoiſſons aujourd'hui; c'eſt

Caſſiopée, Andromède, Perſée, Orion & tous ces perſonnages de la Mythologie qui vivent dans les fables greques. Nous regardons comme un principe certain, que lorſqu'on adopte les choſes, on adopte en même tems les noms. La communication d'une ſcience eſt marquée par le paſſage des mots d'une langue dans une autre; les mots étrangers & naturaliſés conduiſent à ſon origine. On voit que nous tenons l'Aſtronomie des Grecs, parce que le nom & la plupart des anciens termes de cette ſcience ſont grecs. Les termes primitifs de la chimie & de la compoſition myſtérieuſe de la pierre philoſophale, qui tous ſont arabes, annoncent que ces ſciences, vraies ou prétendues, ſont ſorties de l'Arabie. Dans la ſphère perſienne toutes les figures ſont ſans nom; nous voyons qu'Hercule y eſt nommé l'*Homme à genoux*, Caſſiopée, l'*Homme ſur une chaiſe*, Perſée, l'*Homme tenant une tête de femme*, Andromede, *la Femme enchaînée*, Orion, *le Violent* (*a*). Il eſt remarquable que nous avons conſervé dans nos dénominations celle de l'*Agenouillé* & de la *Femme enchaînée* à Hercule & à Andromede. La ſphère la plus ſimple eſt la plus ancienne, elle eſt la ſphère originale; l'autre eſt une copie à laquelle on a ajouté des ornemens. Que ce ſoient les Grecs, les Egyptiens, ou tout autre peuple, qui par une raiſon quelconque aient placé dans le ciel les noms de Perſée, Hercule, Andromede, &c., il eſt viſible que ces additions, ces ornemens ont été placés ſur un fond donné. Si la ſphère des Egyptiens eût paſſé dans la Perſe, les conſtellations y euſſent été reçues avec tous leurs noms; les Perſes auroient fait comme nous, nous déſignons encore les conſtellations par les noms de ces perſonnages fabuleux qui ne nous ont jamais intéreſſé. Les

(*a*) *Suprà* Tome II, p. 60.

anciennes désignations de l'*Agenouillé* & de la *Femme enchaînée* sont même restées avec les nouvelles, pour attester l'origine de ces institutions, qui est orientale, comme tout ce qu'il y a d'antique sur la terre. Nous ignorons quel est précisément le peuple, qui a imposé ces noms à des constellations marquées auparavant par des figures, & caractérisées seulement par leurs attitudes. Mais il ne faut pas oublier que l'Hercule dont il est ici question, a été Phénicien avant d'être Grec. Le fils d'Alcmène a été formé sur un modele asiatique; cet Hercule de Phénicie est le plus ancien, & son nom tient par ses racines & par sa signification aux langues du nord (*a*).

Quoi qu'il en soit de ces origines, & de l'antériorité d'un peuple sur les autres dans la carrière des sciences, nous ne nous occuperons ici que de la division du zodiaque, de ses douze signes & de ses constellations. M. Dupuis remarque avec Macrobe, que dans les signes du zodiaque, le Capricorne & l'Écrevisse placés aux deux solstices, sont les caractères du mouvement du soleil, qui, arrivé à ces deux points, ou s'éleve sans cesse comme la chevre sauvage, ou revient sur ses pas & à reculons, comme l'écrevisse. Il en est de même de la Balance qui se trouve à l'équinoxe d'automne, & qui peut être le symbole de l'égalité des jours & des nuits. Ces constellations semblent s'avancer le long de l'écliptique, à mesure que l'équinoxe rétrograde; & à raison d'un degré en 72 ans, les constellations font un chemin de trente degrés en 2160 ans. Elles ne peuvent donc pas rester aux points qu'elles caractérisent dans l'orbite solaire. Ces constellations n'ont été convenablement placées que deux ou trois siecles avant notre ère, & vers le tems d'Hypparque; depuis cet Astronome, elles se

(*a*) Astronomie ancienne, pages 80 & 327.

ſont avancées, & de manière qu'aujourd'hui le ſoleil arrive aux équinoxes & aux ſolſtices trente jours avant d'avoir atteint les étoiles du Bélier, de l'Écreviſſe, de la Balance, & du Capricorne.

Les ſignes du zodiaque ſont actuellement ſéparés des conſtellations : ce ſont deux choſes diſtinctes qu'il ne faut pas confondre ; nous demandons qu'on y faſſe attention dans la ſuite de ce diſcours. Les ſignes ſont des eſpaces égaux, chacun de trente degrés formant enſemble les 360 degrés du cercle de l'écliptique : ces ſignes ne ſont réellement que les diviſions, les douziemes parties de la courſe ſolaire ; ils partagent & l'écliptique, & le tems d'une année que le ſoleil emploie à la parcourir. Les conſtellations ſont des portions du zodiaque, plus ou moins remplies d'étoiles, & plus ou moins étendues. La néceſſité de les aſſembler en grouppes, & d'y deſſiner des figures, n'a pas permis de donner à ces conſtellations des eſpaces égaux (*a*) ; mais les douze embraſſent le circuit du zodiaque. Pour éviter toute équivoque à cet égard, lorſque

---

(*a*) ETENDUE DES CONSTELLATIONS.

Suivant Ptolémée, elle commence :				*Elle finit :*			*Son étendue :*	
Le Bélier	♈	6°	40′	♈	19°	10′	12	30
Le Taureau	♈	26	20	♊	3	20	27	0
Les Gemeaux	♊	23	29	♋	0	40	7	11
L'Écreviſſe	♋	10	20	♋	21	10	10	50
Le Lion	♋	18	20	♌	28	30	40	10
La Vierge	♌	25	20	♎	6	40	41	20
La Balance	♎	17	0	♏	4	20	16	20
Le Scorpion	♏	5	40	♐	1	10	25	30
Le Sagittaire	♐	4	30	♐	29	40	25	10
Le Capricorne	♑	6	10	♑	26	50	22	40
Le Verſeau	♑	26	[illegible]0	♒	29	0	32	30
Les Poiſſons	♒	21	4[illegible]	♓	29	50	38	10

nous voudrons parler des douze signes égaux qui partagent l'orbite du soleil, nous dirons *les signes de l'écliptique;* quand nous voudrons désigner les constellations, figurées autour de ce cercle par des amas d'étoiles, nous dirons *les constellations du zodiaque.*

Il est incontestable que la zône du ciel, nommée aujourd'hui le zodiaque, les constellations, les signes de l'écliptique ont été connus bien long-tems avant Hypparque; il y a même assez long-tems pour que les étoiles aient pu s'avancer de quatre-vingt-dix degrés. Il arrivoit donc alors le contraire de ce qui arrive aujourd'hui; le Soleil avoit déjà quitté les étoiles du Bélier, de l'Écrevisse, de la Balance & du Capricorne; lorsqu'il se trouvoit dans les équinoxes & dans les solstices.

Cependant les constellations des solstices ne peuvent appartenir qu'à l'un ou à l'autre de ces points; la Balance ne peut convenir qu'à l'un des deux équinoxes. M. Dupuis a imaginé de remonter d'une demi-révolution, & il a supposé que lors de la première division du zodiaque, l'Ecrevisse répondoit au solstice d'hiver, le Capricorne au solstice d'été, & la Balance à l'équinoxe du printems. D'un autre côté, M. Dupuis regarde le Taureau céleste comme l'indice du labourage; il établit avec raison que la Vierge tenant un épi, n'a été placée dans le ciel que pour y marquer le tems de la moisson. Mais au siecle d'Hypparque, le Soleil parcouroit le Taureau pendant le mois de Mai; aucun des peuples connus de l'antiquité ne labouroit alors: cet astre étoit dans la constellation de la Vierge au mois d'Août; & chez tous ces peuples il y avoit déjà long-tems que les récoltes étoient faites. A cette époque de l'année, l'Egypte même étoit couverte par les eaux du Nil. Mais en faisant faire à ces deux signes, comme aux trois autres, une demi-révolution, le Taureau tombe en Novembre,

&

& la Vierge en Mars, qui ſont pour l'Egypte la ſaiſon du labourage & celle de la moiſſon. On y laboure, on y ſeme en Novembre, auſſi-tôt que les eaux du Nil ſont retirées; on y récolte en Mars ou en Avril. Chez les Grecs & chez les Romains, le blé étoit enſeveli neuf à dix mois dans la terre; en Egypte l'intervalle de quatre mois ſuffiſoit à la maturité des grains, parce qu'un ſoleil ardent fécondoit une terre engraiſſée & donnoit une grande force à la végétation. Si nous remontons, avec M. Dupuis, à cette haute antiquité où la Balance occupoit l'équinoxe du printems, où le Taureau tomboit en Novembre & la Vierge en Mars, tous les autres ſignes s'accordent ſinguliérement avec le climat de l'Egypte, & le ſyſtême entier préſente un enſemble ingénieux & ſéduiſant.

Mais cette tranſpoſition des conſtellations, reportées d'une extrémité du ciel à l'autre, demande un tems énorme! Il faut accumuler les ſiecles, donner à la race humaine & au ſouvenir qui fonde la tradition, une durée qui étonne, ou imaginer des dérangemens phyſiques, qui ne peuvent être admis ſans preuves, ou ſuppoſés ſans une néceſſité abſolue. Ces hypothèſes tiennent à une grande queſtion, celle de l'antiquité de l'Aſtronomie, & à la détermination du tems où les hommes ont exécuté la diviſion du zodiaque, un de leurs premiers travaux aſtronomiques. Nous avons déjà traité ces queſtions; le ſyſtême de M. Dupuis nous y ramene néceſſairement: nous allons en examiner les principes; voici nos obſervations.

Il n'y a point de doute que les noms des ſignes de l'écliptique & des conſtellations du zodiaque n'aient eu jadis un ſens; ils ont dû ſignifier quelque choſe. Mais ſi ce principe eſt ſimple & vrai, cette ſignification primitive n'en eſt pas plus facile à deviner. On apperçoit encore que ces conſtellations, ou ces ſignes ramenés chaque année dans le même ordre & à

la ſuite les uns des autres, ont dû recevoir des noms relatifs & à l'année & à ſes différentes époques. Mais le tems qui appartient à l'eſpece, & qui s'écoule également pour tous les individus, l'année qui offre indifféremment ſes ſaiſons aux hommes de tous les climats, de tous les âges & de tous les rangs, ramene-t-elle les mêmes intérêts & les mêmes penſées? Le riche trouve une ſucceſſion de plaiſirs variés dans le cours de l'année, où l'homme ruſtique ne voit qu'une ſucceſſion de travaux différens. Lorſque les peuples étoient plus ſimples, lorſque les mêmes occupations appartenoient à tous les individus, ces occupations déterminoient les intérêts & les penſées; elles ont pu régler également les dénominations zodiacales. Si chacun de ces peuples y eût tracé ſes idées, on pourroit y lire des choſes fort différentes. Peut-être même toutes les figures inſcrites ſur la voûte céleſte, ne ſont-elles pas du même tems; elles peuvent appartenir à des époques ſucceſſives, avoir été inventées par des vues différentes, & être l'ouvrage des peuples qui ſont venus, les uns après les autres, ajouter des idées nouvelles à des idées antiques. Nous ne voyons pas qu'on puiſſe établir en principe que ces ſignes indicateurs, tant du mouvement du ſoleil que des travaux de la campagne, ont été placés enſemble & par un ſeul deſſein dans le zodiaque. Ici le deſſein n'eſt pas unique; on reconnoît deux vues qu'on peut diſtinguer. L'une eſt la conſidération des circonſtances du mouvement ſolaire; l'autre eſt celle de ſon influence ſur l'agriculture. Voilà une ſcience & un art; il faut que le peuple inſtituteur ait été à la fois agriculteur & ſavant. S'il a commencé par être ſeulement agriculteur, comme on doit le ſuppoſer, l'unité de deſſein n'y eſt plus, & on ne peut préſumer celle d'inſtitution; d'ailleurs les peuples cultivateurs n'ont pas toujours exiſté. Ces peuples, ſans doute,

ont transporté dans le ciel les objets de leurs occupations domestiques; ils ont pu y marquer les époques de leurs travaux & celles de leurs espérances. Mais on ne peut douter que les premiers hommes n'aient été d'abord chasseurs, ensuite pasteurs. On a commencé par poursuivre les animaux sauvages, pour se nourrir de leur chair: on a imaginé de les prendre, de les garder vivans, pour avoir une nourriture de réserve; enfin de les faire multiplier, pour augmenter les moyens de subsistance. C'est dans cette seconde époque de la société que l'Astronomie a pris naissance; on convient généralement qu'elle est due au loisir des bergers. On a classé, nommé les objets, ou du moins quelques-uns des objets qu'on avoit toutes les nuits sous les yeux: l'Astronomie a donc précédé l'agriculture; elle s'est étendue avec cet art de première nécessité, elle est devenue plus importante, en devenant utile. Mais certainement il y avoit des constellations reconnues & des étoiles nommées avant qu'on eût labouré la terre; & ces étoiles avoient été désignées ou par des chasseurs qui ne connoissoient l'automne que comme le tems des chasses & des pluies, ou par des bergers qui célebrent le printems comme la saison de l'herbe fraîche, & de la génération, qui renouvelle leurs troupeaux. Il seroit donc possible que le zodiaque renfermât des vestiges de ces trois états successifs de la race humaine. Le respect des peuples a pu placer également, au milieu des flambeaux de la nuit, à la vue de toute la terre, les objets de leur vénération & de leur culte, les héros de leur histoire, & les Dieux de leur croyance. Les signes, qui indiquent ou les intempéries des saisons, ou le labourage & les récoltes, ont été introduits dans le zodiaque, lorsque les animaux tués à la chasse, ou nourris dans la domesticité, n'ont plus suffi à l'espece humaine multipliée; lorsqu'on a ouvert le sein de la terre, & observé

le ciel qui la rend féconde ; enfin lorſqu'il y a eu des peuples agriculteurs. C'eſt peut-être pour mettre la dernière main à cet ouvrage, qu'un peuple agriculteur & Aſtronôme a établi les ſignes qui répondent aux équinoxes & aux ſolſtices, pour caractériſer ces termes de la courſe ſolaire. Nous ne prétendons ni choiſir entre ces motifs, ni en garantir aucun; nous penſons que toutes ces cauſes peuvent avoir concouru. Le ſort des inſtitutions humaines eſt d'être ou détruites, ou changées par le tems. Ce qui nous reſte de l'antiquité a eſſuyé les altérations d'une longue ſuite de ſiecles ; les conjectures que nous propoſons, ne ſont que des vues philoſophiques. On peut dire ſur ces origines bien des choſes vraiſemblables & différentes. Cependant les traces de toutes ces cauſes, de tous ces motifs, pourroient ſubſiſter encore dans notre zodiaque actuel. Le Sagittaire appartiendroit à la chaſſe, les Poiſſons à la pêche, qui eſt une occupation du même genre, & ſans doute de la même date dans l'antiquité. Le Bélier, le Taureau, les Gemeaux, qui jadis étoient deux chevreaux, ſeroient dûs à la vie paſtorale. Le Taureau pourroit être auſſi un ſigne religieux ; le Bœuf & la Vache ont eu les reſpects de l'Egypte & de l'Inde, & un culte preſque univerſel dans l'ancien monde. Le Scorpion marqueroit les maladies d'automne, le Verſeau les pluies, la Vierge la moiſſon. L'Ecreviſſe, la Balance, le Capricorne caractériſeroient le mouvement du Soleil ; & le Lion la violence de ſes feux dans le ſolſtice d'été, ſi l'on ne veut pas regarder ce ſigne, comme une image de l'ancienne guerre que les hommes ont faite aux animaux féroces.

Incertains, au milieu de ces origines, qui nous dit que le Taureau a été placé dans le ciel pour annoncer le labourage ? Le bœuf Apis avoit des autels en Egypte; mais comment ſavons-nous que les autels qu'il a obtenus ſont dûs à cette

espece d'utilité? Nous verrons qu'il est en effet des peuples, qui ont désigné quelques-unes de leurs constellations par les instrumens du labourage : ils ont dû choisir des étoiles qui pouvoient en indiquer la saison ; mais l'intention est bien marquée. On y voit la Charrue, on voit le Laboureur conduire ses bœufs attelés. Ici dans notre zodiaque, le Taureau est seul; il n'est point sous le joug, il n'est point conduit par l'homme, il est libre comme dans les prairies. Les labours sont sans doute l'opération première & essentielle de l'agriculture dans certains climats ; le bœuf docile au joug, est en conséquence utile à l'homme. Mais cette utilité, dans les pays où elle est le mieux sentie, n'a point produit cette reconnoissance. Le taureau n'a point d'honneurs à la Chine, & cependant l'agriculture y a toujours été honorée plus qu'ailleurs; pourquoi en a-t-il obtenu en Egypte, où le labourage est facile & souvent négligé? *Les uns*, dit Diodore de Sicile, *se contentent de semer leur champ, lorsqu'il commence à se dessécher; les autres remuent la terre encore humide avec une legère charrue* (a). Si les taureaux d'Egypte ont été mis jamais sous le joug pour traîner le soc & ouvrir la terre, on voit que leur peine n'étoit pas grande; ce leger service n'a dû exciter qu'une foible reconnoissance. Dans les beaux climats, le genre humain, toujours prévenu, a toujours été ingrat, il s'accoutume aux profusions de la nature; c'est dans les pays âpres & difficiles, où elle donne peu, où le travail fait tout, que les hommes sont reconnoissans. Le culte du bœuf en Egypte doit avoir la même origine que celui de la vache dans l'Inde, au Thibet & chez quelques peuples Tartares. Le bœuf domestique appartient aux peuples pasteurs comme aux peuples agriculteurs. On trouve au commencement du zodiaque le

(a) Diodore, Livre I.

Bélier, le Taureau, les Chevreaux, ce ſont les trois eſpeces dont l'homme a d'abord formé des troupeaux (*a*). Nous voyons dans ces trois ſignes céleſtes un reſte de la vie patriarchale, & un ſentiment des peuples paſteurs. Le lait a été leur premier aliment, la vache, qui fut long-tems la nourrice du genre humain, a droit à la reconnoiſſance des hommes. Les Scythes adoroient la terre qui produit & nourrit tout; ils la nommoient *Apia*. Les Egyptiens, dans leurs hyérogliphes la peignirent ſous l'emblême d'une vache; c'eſt de là peut-être que le bœuf Apis a tiré & ſon nom & ſon culte. Ce culte pourroit donc être originaire de Scythie plutôt que de l'Egypte. La vache a reçu les reſpects de l'Aſie, & on a placé dans le zodiaque le mâle de l'eſpece, qui alimentoit les peuples ſimples & groſſiers, les peuples Nomades, comme ils l'ont tous été dans les premiers tems. Ces différentes ſuppoſitions peuvent être appréciées, comme on voudra; elles ſeront arbitraires & indifférentes tant qu'on n'en tirera point de conſéquences. Mais ces conſéquences reſteront ſans preuves, comme les ſuppoſitions mêmes. Ce n'eſt donc pas un motif ſuffiſant pour rejeter à des ſiecles infiniment éloignés la diviſion primitive du zodiaque.

Mais ce n'eſt pas tout. Le Taureau étant regardé comme l'indice du labourage, ſi l'on ne trouve que quatre mois d'intervalle entre ce ſigne & la Vierge tenant un épi, qui eſt l'annonce de la moiſſon; ſi ce ſigne du Taureau répond au mois de Mai, quoique dans la plupart des contrées de l'Europe & de l'Aſie, le blé reſte neuf à dix mois en terre, & que les grands labours s'y faſſent au mois de Novembre, & après l'équinoxe d'automne, il n'y a cependant pas de néceſſité de

(*a*) Le Bélier porte le nom de *Dux gregis*, & le Taureau celui de *Princeps armenti*. M. de la Lande, Aſt. Tome I, p. 251, 252. Ces noms portent avec eux leurs motifs.

remonter au tems où le Taureau pouvoit répondre au mois de Novembre, ni d'en placer l'inſtitution en Egypte. Dans les contrées ſeptentrionales de l'Europe, où le froid regne pendant la plus grande partie de l'année, toutes les opérations de la culture ſont reſſerrées dans un court intervalle. Dans la Laponie, on ſeme & on recueille en neuf ſemaines au plus; dans le midi de la Suede, on moiſſonne quinze ſemaines après avoir enſemencé. Cette diſpoſition du zodiaque répondroit donc au climat de la Suede. Il y a quatre mois entre le ſigne du Taureau & celui de la Vierge; le Taureau ſe trouve au tems des labours qui doivent s'y faire au printems, lorſque le ciel a fondu les glaces & amolli la terre pour la diſpoſer à la culture. On pourroit donc conclure que le zodiaque a été diviſé ſous le climat de la Suede méridionale, ſous le parallèle de cinquante-cinq à ſoixante degrés plutôt que dans la haute Egypte, & vers le tropique. Nous concluons ſeulement que rien ne nous démontre que le Taureau céleſte ſoit celui de la charrue; & quand cela ſeroit démontré, nous voyons qu'il eſt ſur le globe des climats, qui donnent quatre mois entre les ſemailles & la récolte, comme le zodiaque quatre ſignes entre le Taureau & la Vierge, des climats où les grands labours ſe font au printems. Cette diſpoſition ne prouve donc rien, ni pour le lieu, ni pour le tems où la diviſion primitive a été exécutée.

La diſpoſition, qui tranſporte la Balance à l'équinoxe du printems, n'eſt ni plus néceſſaire, ni plus légitime; elle nous ſemble contredite par les faits de l'antiquité. Nous allons entrer dans quelques détails à cet égard. M. Dupuis a pu partir d'un principe que nous avons établi au commencement de cette hiſtoire; ſa ſuppoſition eſt ſemblable à la nôtre: mais en donnant trop d'étendue à ſes conſéquences, il eſt ſorti des

bornes que nous nous sommes prescrites. Il n'y a point de doute que le premier partage de l'année & du mouvement du soleil n'ait été en deux parties. Le tems où cet astre cesse de monter vers le nord, celui où il cesse de descendre vers le midi, voilà deux époques remarquables dans l'année, & une division naturelle de la course solaire. Le moment des équinoxes, l'observation de l'égalité des jours & des nuits a fourni une nouvelle division en quatre parties. Celle en douze signes n'est qu'une subdivision de celle-ci, un partage de chaque quart du cercle en trois parties; enfin chacune de ces parties a encore été divisée en trois portions, chacune de dix degrés. Cette hypothèse, déjà très-naturelle par elle-même, est autorisée par la tradition. Celles de l'Asie portent qu'on divisa d'abord le zodiaque par les solstices & les équinoxes, & que ces quatre parties, trop étendues, ont été subdivisées, chacune en trois (*a*). Les Egyptiens attribuoient à Hermès plusieurs divisions successives en deux, en quatre, en douze & en trente-six parties. Mais lorsqu'on a subdivisé les intervalles des équinoxes & des solstices en trois parties, si on y a dessiné douze constellations, chaque équinoxe & chaque solstice a dû nécessairement répondre au commencement d'une constellation; voilà notre principe. En conséquence, comme Eudoxe nous a laissé une description de la sphère, telle qu'elle étoit quatorze ou quinze cens ans avant notre ère, nous avons remarqué que les points cardinaux y répondoient au quinzieme degré des constellations du Bélier, de l'Ecrevisse, de la Balance & du Capricorne. Nous avons dit, conformément au principe que nous venons d'établir : les étoiles, les constellations ont changé de place depuis la division primitive; elles ont avancé

(*a*) *Albategnius, de Scientiâ Stellarum, C. 2*

au moins de quinze degrés : en ſorte que jadis, & environ deux mille cinq cens ans avant notre ère, les points cardinaux ont dû ſe trouver au dernier degré du Bélier, de l'Ecreviſſe, de la Balance & du Capricorne (*a*). Cette concluſion étoit inconteſtable, c'étoit la première preuve poſitive qu'on eût encore donnée de cette grande antiquité de la diviſion du zodiaque. C'eſt alors que le Soleil arrivant au Taureau, commençoit le printems, ramenoit la végétation, & a donné cours à la tradition que le Taureau ouvroit l'année.

> *Candidus auratis aperit cum cornibus annum*
> *Taurus.*

Mithra, emblême du Soleil, étoit toujours chez les Perſes repréſenté par un Taureau; il avoit ſans doute quelque rapport au Taureau équinoxial. Jablonski penſe que Jupiter Ammon, révéré ſous la forme d'un homme avec des cornes de bélier, étoit le ſymbole du ſoleil dans l'équinoxe du printems; mais Hercule étoit auſſi le ſymbole du Soleil dans le même équinoxe (*b*). Ces deux ſymboles différens ne ſemblent-ils pas relatifs au changement de l'équinoxe? Le bélier étoit adoré dans la ville d'Ammon, comme le bœuf dans Memphis. Les Egyptiens révéroient le bœuf Apis en mémoire du Taureau céleſte (*c*). Ces deux cultes du taureau & du bélier vivans avoient ſans doute la même ſource. La tranſlation de l'équinoxe peut être marquée dans une fête des Egyptiens, où ſelon Hérodote (*d*), on amenoit la ſtatue d'Hercule à celle de Jupiter

(*a*) La première étoile du Bélier a été dans l'équinoxe du printems, 373 ans avant notre ère; & lorſqu'elle en étoit éloignée de quinze degrés, l'équinoxe répondoit au quinzieme degré de la conſtellation, 1447 ans avant notre ère. L'équinoxe a dû répondre au dernier degré, 2518 ans avant la même époque.

(*b*) Hiſtoire de l'Aſtronomie ancienne, p. 316.
Jablonski Pantheon Egyp. Proleg. p. 84, & C. 2 & 3.

(*c*) Lucien, *de Aſtrologiâ.*
Bannier, Mythologie, Tome I, page 512.

(*d*) Hérodote, *Lib. II.*

Ammon, couverte d'une peau de bélier. Cela ne ſemble-t-il pas ſignifier que l'équinoxe, repréſenté d'abord par Hercule, l'étoit alors par Jupiter Ammon, & avoit paſſé du Taureau dans le Bélier. Nous obſerverons ſeulement, en citant ces faits, qu'ils ne prouvent pas que l'inſtitution de ces uſages ſoit égyptienne; nous avons encore des uſages & des fêtes, des commémorations dont l'origine eſt également éloignée de nous, & pour le tems & pour le lieu, & dont les motifs ſont preſque enſevelis ſous les ſiecles. On ne peut appercevoir ici que la trace du changement de l'équinoxe: on la trouve encore dans l'uſage des Perſans, qui nomment par les lettres de leur alphabet les douze ſignes de l'écliptique; la première, la lettre A déſigne le Taureau (*a*). Il paroît donc bien prouvé que l'équinoxe a commencé jadis ce ſigne.

Nous avons été plus loin: nous avons vu qu'avant cette époque de 2500 ans & plus de 3000 ans avant notre ère, les livres anciens, les traditions parlent des Pléïades, des conſtellations & des ſignes de l'écliptique; nous avons préſumé que la diviſion primitive du zodiaque devoit être reculée de plus de vingt ſiecles, & attribuée au tems où l'équinoxe du printems répondoit au premier degré des Gémeaux. Le premier déplacement eſt une concluſion aſtronomique, le ſecond n'étoit qu'une conjecture: en la formant, nous n'avons eu aucun égard aux ſignes caractériſtiques du mouvement du ſoleil, c'eſt-à-dire, à l'Ecreviſſe, au Capricorne & à la Balance, & voici pourquoi. C'eſt que nous ignorons quand ces caractères ont été introduits dans le zodiaque. Nous aurions pu tirer des concluſions pour une époque où ils n'exiſtoient pas. La diviſion d'un cercle, d'abord en quatre parties, enſuite en douze eſt

(*a*) Chardin, Tome V, p. 84.

mathématique ; la conſéquence, qu'on a dû faire accorder ces deux diviſions, eſt naturelle : mais les noms qu'on a donnés à ces parties ſont arbitraires ; ils ont dépendu de la fantaiſie des peuples. On a pu ſonger à la chaſſe, aux pâturages, aux labours & aux récoltes. On a pu auſſi déſigner le mouvement du Soleil : ces idées ont été ſucceſſives ; il eſt difficile & d'en reconnoître les inſtitutions, & de leur aſſigner à chacune leur temps. La ſignification particulière des ſignes caractériſtiques du mouvement du Soleil eſt douteuſe, du moins pour le Capricorne, & pour la Balance. C'eſt une alluſion bien legère, bien incertaine, que celle de l'allure de la chevre, qui monte toujours en broutant, avec le Soleil s'élevant du ſolſtice d'hiver ; ou de cette même chevre, qui ſe plaît ſur la cime des hauteurs, comparée au Soleil du ſolſtice d'été, dominant au faîte du ciel & dardant à plomb ſes rayons ſur nos têtes. La chevre peut être là ſeulement comme une eſpece de nos utiles troupeaux. L'alluſion de la Balance n'eſt pas plus ſûre : c'eſt un inſtrument du commerce, c'eſt un attribut de la Juſtice ; cette conſtellation ſuit la Vierge, nommée auſſi *Aſtrée*, *Themis*, & la Balance peut être ſon ſymbole. Comment donc, avec ces incertitudes, établir des concluſions exactes ? D'ailleurs les conſtellations n'ont aucun rapport aux objets & aux noms qui les déſignent. Il eſt poſſible que lorſque l'Aſtronomie a paſſé d'un peuple à un autre, ces noms aient été confondus. On pourroit croire que les aſſemblages d'étoiles, nommés aujourd'hui le Lion ou le Sagittaire, étoient jadis l'Ecreviſſe ou la Balance. Les ſignes ſeroient reſtés aux places où ils doivent demeurer, les noms ſeuls auroient été tranſpoſés. On ne peut douter que les conſtellations n'aient ſubi des changemens ; Ptolémée dit expreſſément qu'il s'en eſt permis, à l'exemple de ſes prédéceſſeurs. Comment donc affirmer que les noms actuels des conſtellations

ſont ceux qu'elles portoient jadis. Le doute à cet égard eſt très-légitime; nous en aurons bientôt des preuves.

Nous avons voulu nous aſſurer de ces changemens, & nous en avons cherché la trace dans l'antiquité. Nous ſommes partis du zodiaque de Ptolémée. On peut démontrer que les Grecs d'Alexandrie n'ont rien emprunté des Egyptiens, ils tenoient tout des Chaldéens; l'Aſtronomie qu'ils nous ont tranſmiſe a pour baſe l'Aſtronomie chaldéenne. C'eſt donc de Babylone que nous viennent & les conſtellations & leurs noms; nous pouvons avancer cette aſſertion, ſans pouvoir dire ſi tous ces noms ont été changés, & en quel tems ils l'ont été. Nous établirons quelques conjectures ſur la ſphère perſienne. Les Perſes étoient aſſez voiſins des Chaldéens pour laiſſer appercevoir certains rapports dans leurs connoiſſances réciproques; les Indiens doivent auſſi en avoir avec eux, & les ſphères reſpectives ſe tenir par quelques points de reſſemblance.

Nous commencerons notre examen par la ſphère indienne (*a*) qui differe beaucoup & de la ſphère perſienne & de la nôtre: on n'y trouve point les conſtellations du zodiaque; à peine y a-t-il deux ou trois figures qui puiſſent y faire quelque alluſion. On y voit un homme avec une tête de bélier, dont la femme eſt ſemblable à un taureau. Si ce ſont là les conſtellations du Bélier & du Taureau, on doit convenir qu'elles ont été bien changées: cependant on trouve ici une indication du labourage; cet homme eſt *infatigable*, il eſt agriculteur, & il conduit des bœufs pour *labourer & pour ſemer*. On peut obſerver

(*a*) Nous remarquerons que la première conſtellation de cette ſphère ſous le Bélier, eſt un Chien. M. le Gentil nous apprend que le premier des douze ſignes porte chez les Indiens le nom de *Chien marron*. Le Bélier & le Mouton ſont inconnus dans le pays. *Voyez* ſon voyage, Tome I, p. 247 & 315.

qu'immédiatement après les Indiens placent un petit veau, qui pourroit indiquer la saison de la réproduction de l'espece. On trouve sous le signe du Lion un homme irrité comme un lion, couvert d'un manteau semblable à la peau de cet animal, & tenant un arc dans sa main. Cette figure pourroit avoir produit l'Hercule avec son arc, sa peau de lion, & l'animal lui-même, qui depuis a représenté par sa furie la violence des feux du soleil au solstice d'été. On y trouve la Vierge, [illegible]on avec l'épi, caractère de la moisson. Sous la Balance on remarque une constellation qui a un grand rapport avec la balance même : c'est un homme établi dans un marché, & dans son comptoir ; il tient dans sa main une balance ou une romaine *pour acheter ou pour vendre*. Si cette figure est placée si à propos auprès de l'équinoxe, il faut faire attention que presque à l'opposite, & sous le signe des Gémeaux, on trouve un autre homme qui porte le poids d'une romaine. Ce double emploi ôte à ces figures toute leur signification. On peut dire encore que la signification même est rendue incertaine, par cette circonstance que l'homme tient la balance *pour acheter & pour vendre*; l'emblême paroît changer d'objet. Qui nous dit qu'on n'a pas voulu marquer le tems du commerce & des foires, dont l'usage peut remonter à une grande antiquité, puisque les peuples les moins civilisés ont encore des rendez-vous convenus dans certains lieux, dans certains tems de l'année, où ils se joignent & se rassemblent pour leurs échanges. Quand on est devenu savant, un emblême a succédé à un autre, en conservant la même figure; & la balance, qui pesoit les intérêts respectifs des hommes, est devenue la Balance céleste, qui égalise les jours avec les nuits. On y trouve un homme qui tient un arc & des fleches, & on diroit que c'est le Sagittaire, si on ne voyoit pas dans six

endroits (*a*) différens, d'autres hommes armés d'arcs & de fleches. Parmi ces hommes disposés à la chasse ou à la guerre, répandus dans presque toute l'étendue du zodiaque, on ne sauroit deviner quel est le Sagittaire. Ce symbole, précisément parce qu'il est répété partout, ne signifie plus rien, & n'a nul trait à la constellation qui porte aujourd'hui ce nom. On peut y remarquer un poisson; mais on n'y trouve nulle trace des Gémeaux, de l'Ecrevisse, du Scorpion, du capricorne & du Verseau. Parmi les autres constellations plusieurs sont douteuses : ce qu'on y peut voir de plus clair se réduit à cette figure armée d'un arc & revêtue de la peau d'un lion, qui a pu servir de modèle aux peintures d'Hercule, à cette balance placée près de l'équinoxe d'automne, mais avec une signification équivoque, & surtout à l'homme qui conduit des bœufs pour labourer la terre, indication précise du labourage. La Vierge qui vient trois mois & demi, ou trois signes & demi après lui, quoiqu'elle ne porte point d'épi, peut être là cependant comme une moissonneuse. Ces deux indications seroient donc déjà dans cette sphère très-ancienne : mais il est remarquable que ces indications sont séparées par le même intervalle qui existe encore dans notre zodiaque; en laissant ce zodiaque dans son état actuel, elles ne peuvent appartenir qu'au pays du nord; il faut le renverser, pour qu'elles conviennent à l'Egypte.

Si nous passons à la sphère persienne, & que nous la parcourions, comme celle-ci, en commençant à l'équinoxe du printems, on trouve d'abord sous le Bélier la figure d'un Taureau; ce qui peut indiquer que cette sphère a été réglée

(*a*) Au second décan des Gémeaux, c'est-à-dire, entre le 10e & le 20e degré; au 3e; au 2e du Lion; au 3e de la Balance; au 1er du Sagittaire; au 2e du Verseau.

lorſque l'équinoxe tomboit au premier degré du Taureau. Sous la fin de ce ſigne, on voit deux chars ſur chacun deſquels eſt un Agneau ; voilà les Gémeaux, & le tems du renouvelement de l'eſpece. L'Ecreviſſe n'y eſt pas ; mais on rencontre ſous ce ſigne & ſous celui du Lion, les deux Anes, le boréal & l'auſtral, qui ſont encore les noms donnés dans nos Catalogues à deux étoiles de l'Ecreviſſe. Cependant il faut remarquer 1°. que les conſtellations de ces deux Anes ont une étendue de plus de quarante degrés, depuis le dixieme degré de l'Ecreviſſe juſqu'au vingtieme du Lion ; & les deux étoiles ne ſont pas éloignées entr'elles d'un degré. 2°. Que la conſtellation déſignée par l'Ane auſtral finiſſant au vingtieme degré du Lion, n'a rien de commun avec l'étoile aujourd'hui déſignée ſous ce nom, puiſque cette étoile répond actuellement, à peu-près, au cinquieme degré du Lion. Au lieu d'avoir eu une marche progreſſive, depuis l'établiſſement de cette ſphère déjà ancienne, elle auroit rétrogradé de quinze degrés ; ce qui eſt impoſſible. Ce fait prouve qu'il y avoit là une conſtellation qui a été détruite ; voilà l'exemple d'un changement notable. En avançant, on rencontre ſous le Lion une couple de fleches, qui ſont trop éloignées du Sagittaire pour y faire aucune alluſion. La Vierge tenant deux épis, y eſt parfaitement caractériſée comme dans notre zodiaque, à la même place ; elle eſt, ſous le ſigne qui porte ſon nom, différente en cela du Taureau, qui, comme nous venons de le voir, eſt ſous le Bélier. Il y a donc plus de diſtance entre ces deux conſtellations de la Vierge & du Taureau dans la ſphère perſienne que dans la nôtre ; c'eſt un arrangement & une ſucceſſion différente. On trouve à la ſuite de la Vierge, & immédiatement après elle, une de ces poutres armées d'un ſoc, qui ſervoient à ouvrir la terre, & qui ont été les premières charrues. Ce ſeroit donc encore une

annonce du labourage ; ce second symbole, entiérement déplacé, pourroit faire douter de la signification du premier. En aucun lieu, on n'a pu labourer aussi-tôt après la moisson ; la nature a partout prescrit un tems de repos & pour les hommes & pour la terre. Le Lion vient ensuite, & on voit qu'il est ici transposé ; dans notre ciel il précede la Vierge. C'est encore un exemple d'un changement réel & sensible. Sous la Balance, on trouve un homme qui tient une balance ; cette constellation, comme celle de la Vierge, est précisément à la place qu'elle avoit au tems d'Hypparque, tandis que le Taureau est moins avancé de trente degrés. Au lieu du Scorpion, on trouve encore un Taureau. Sous le Sagittaire on trouve une Chevre, & si c'est le Capricorne, il n'est pas à sa place, comme la Vierge & la Balance ; il est moins avancé d'un signe, comme le Taureau Ainsi il y a des choses qui peignent l'état du ciel deux mille cinq cens ans avant notre ère, & d'autres choses qui appartiendroient au quatrieme siecle avant la même époque. Sous le Sagittaire finit la constellation du Lion, avec une étendue de plus de quatre-vingt-dix degrés. Cette étrange constellation passoit par-dessus toutes celles que nous venons de décrire : c'est-à-dire, la Balance, le second Taureau & la Chevre ; toutes ces constellations ne pouvoient pas être à la fois dans le zodiaque, & si elles se levoient ensemble, quelques-unes devoient être extra-zodiacales. Sous le Capricorne on trouve un Poisson, comme dans le zodiaque indien de M. le Gentil. Le signe caractéristique de l'ascension du Soleil, le Capricorne manque ici au solstice d'hiver, comme l'Ecrevisse au solstice d'été. Nous proposerons même à cet égard une conjecture ; nous avons donné dans l'Histoire de l'Astronomie la gravure d'un zodiaque indien, où le Capricorne est représenté par une Chevre avec un Poisson. Dans celui

celui que nous examinons maintenant, on voit un Poisson au solstice, & auparavant une Chevre moins avancée de trente degrés; ne pourroit-on pas dire que lorsque la Chevre, par le mouvement des étoiles, a pris la place du Poisson, on a uni ensemble le symbole passé au symbole présent du solstice, & la Chevre a été jointe au Poisson. Enfin sous les Poissons, on trouve un fleuve, qui peut représenter le Verseau, & un autre Poisson; ce qui pourroit encore faire naître une conjecture semblable. On diroit que le Verseau a été placé au même lieu que les poissons, lorsque la première de ces constellations a pris la place de la seconde. Nous avons donc reconnu ici, ou par leurs places, ou par leurs ressemblances, neuf de nos signes, le Taureau, les Gémeaux, les deux Anes de l'Ecreviste, la Vierge, le Lion, la Balance, la Chevre ou le Capricorne, le Verseau, les Poissons; mais le Bélier, le Scorpion & le Sagittaire ne s'y trouvent pas.

Si nous comparons ces deux sphères entr'elles, & avec la nôtre, nous pouvons y reconnoître le progrès des choses; on voit, ce semble, les institutions se succéder & se perfectionner. La sphère indienne paroît la plus antique; les figures n'y ont point de nom. Si elles sont destinées à signifier quelque chose, les significations sont multipliées, & toujours un peu vagues, comme elles doivent être dans les premiers commencemens. Il faut avoir beaucoup observé pour connoître les limitations, pour saisir les nuances distinctives; c'est l'expérience qui donne la précision du langage & du style. Cette sphère n'est pourtant pas la première, ce n'est point la sphère des pasteurs; elle ne contiendroit que des noms d'animaux. Les douze animaux de la période de douze ans pourroient être ce zodiaque primitif.

Les Japonois, qui tiennent tout de la Chine antique,

désignent les douze signes par les noms de ces animaux (*a*). Si c'est un usage ancien de la Chine, il peut remonter bien près de la source des choses; on voit d'ailleurs que nous ne supposons qu'un usage établi. Cette période est celle de la révolution de Jupiter. Il reste une année dans chaque constellation; les noms de ces constellations ont pu passer aux douze années, ou les noms des années aux constellations. Une preuve encore de cette possibilité, c'est que les figures de ces douze animaux sont associées aux figures connues des douze signes dans un planisphère trouvé à Rome (*b*). Il est donc très-possible que ces douze animaux soient le zodiaque primitif des bergers. La sphère indienne est déjà celle des peuples agriculteurs : le labourage y est précisément indiqué; la Vierge moissonneuse peut y être également supposée. Le labourage s'y fait au printems, lorsque le soleil passe dans l'hémisphère du nord : c'est le tems où on laboure sous la latitude de cinquante à soixante degrés; & la récolte a lieu trois mois & demi après les semailles, comme dans ces contrées septentrionales. La balance est dans cette sphère, mais avec une signification incertaine.

La sphère persienne a un air encore moins antique; elle est moins reculée dans les tems & se rapproche de la nôtre par plus de ressemblances. On y trouve, à peu-près neuf de nos constellations zodiacales; on apperçoit les sources où ont dû puiser ceux qui ont ordonné le zodiaque comme il est aujourd'hui. Mais on ne sauroit disconvenir qu'il n'y ait dans cette sphère persienne une très-grande confusion. Il est des constellations d'une grandeur démesurée, telles que le

---

(*a*) Hist. gén. des voy. *in*-12, T. XL, p. 115. Hist. Astron. anc. p. 493.

(*b*) Histoire de l'Astronomie ancienne, p. 504.

Lion, qui embrasse près de quatre-vingt-dix degrés, & qui, s'il existoit alors dans le zodiaque avec les autres constellations, auroit enjambé par-dessus elles. Il y a défaut d'époque dans leur disposition : les unes sont placées comme elles devoient être trois à quatre cens ans avant notre ère, au tems de la fondation de l'École d'Alexandrie ; les autres, comme elles, l'ont été à une époque plus éloignée de deux mille ans. Il y a transposition dans ces constellations ; le Lion est placé après la Vierge. Cette transposition du Lion & de la Vierge, que nous montre le planisphère persien, est encore indiquée par un autre fait. Une tradition rapporte qu'Hermès dix-neuf cent quatre-vingt-cinq ans avant Ptolémée, dix-huit cent quarante-six ans avant notre ère, trouva l'étoile qui est appelée le Cœur de l'Hydre au septieme degré du Lion. Au tems d'Hypparque, les étoiles étoient plus avancées de vingt-trois degrés ; celle-ci lui parut placée au premier degré du Lion (*a*). C'est une preuve que le Lion avoit été substitué à la Vierge. Lorsqu'on eût échangé les places, l'étoile se retrouva encore dans la constellation du Lion, quoiqu'elle eût avancé de vingt-trois degrés, & qu'elle eût dû atteindre le premier degré de la Vierge. Les constellations ont donc souffert des transformations considérables, les unes parce que les noms & les places ont été transposés ; les autres parce que les grouppes d'étoiles ont été autrement arrangés. En voici un exemple remarquable : Hercule est une de nos constellations ; nous avons dit que chez les persans elle est appelée l'*Agenouillé*, & que ce nom *ingeniculatus*, est encore un de ceux qu'elle conserve aujourd'hui. Cette constellation se trouve

(*a*) *August. Riccius. Tract. de octavâ spherâ, pag. 23.*

effectivement dans la sphère persienne ; mais elle y est rapportée aux Poissons. Hercule en est très-éloigné ; il est déjà au milieu du ciel, lorsque les Poissons se levent. Il est donc évident que la constellation que nous nommons Hercule, n'est pas le même assemblage d'étoiles que les Persans nommoient l'Agenouillé.

Sans doute ces trois sphères suffisent pour nous montrer le chemin que les anciens ont suivi. On retrouve la succession des choses & des idées : ces sphères ont une filiation marquée ; il semble qu'on les voye naître les unes des autres. Mais il est impossible de tirer de leur disposition, & du lieu comme de l'arrangement des constellations, aucune conclusion certaine. On peut appercevoir que tout a été confondu & rétabli, refait plusieurs fois : les sciences n'ont rien à tirer de ce désordre ; s'il peut permettre quelques conjectures, il faut que ces conjectures soient appuyées par des faits évidens. Mais, ce qui est très-remarquable, c'est que ces deux sphères n'offrent point les signes caractéristiques du mouvement du Soleil. La Balance n'y paroît qu'avec une signification équivoque ; la Chevre s'y rencontre, elle peut être placée, comme elle a dû l'être, pour marquer le solstice d'hiver deux mille cinq cens ans avant notre ère : mais l'Ecrevisse n'y est pas ; l'Ecrevisse, qui par sa marche rétrograde est le symbole le plus expressif du solstice. L'Ane boréal & l'Ane austral la représentent comme constellation, & non comme symbole. L'écrevisse, par son absence, démontre que les deux autres constellations n'étoient point relatives au mouvement du Soleil. Car il est évident que dès qu'on a voulu peindre ce mouvement, les trois caractères ont dû être placés à la fois ; & quand on accorderoit que ces caractères ont été placés successivement, on donneroit une preuve de

plus que les conſtellations du zodiaque ſont un ouvrage achevé à pluſieurs repriſes, & il n'y auroit plus de rapport certain entre les conſtellations & la marche du Soleil.

Dans nos conjectures ſur l'antiquité de la diviſion du zodiaque, nous n'avons donc point eu égard aux ſignes caractériſtiques du mouvement du ſoleil, parce que leur ſignification nous a paru trop douteuſe, & le tems de leur inſtitution, ou du moins de leur application aux conſtellations, trop incertain; cependant ces ſignes eux-mêmes ſont très-anciens. Nos doutes, nos réflexions & les faits antiques nous ont fourni la ſolution de cette difficulté.

Quand les ſavans Miſſionnaires nous ont communiqué des détails ſur le zodiaque chinois, ils ont décrit les vingt huit conſtellations qui le diviſent; ils ont marqué l'étendue de ces conſtellations, & les principales étoiles qui y ſont compriſes. M. le Gentil nous a rapporté la deſcription du zodiaque indien; il a également donné les configurations & les noms des étoiles qui forment les vingt-ſept conſtellations. Mais ces conſtellations, qui partagent le zodiaque, ne ſont point attachées aux points équinoxiaux. Cette diviſion, comme celle des Chinois, appartient uniquement à la lune, à ſon mouvement journalier; il y a une conſtellation pour chaque jour de cette planete, &, comme le diſent les Chinois, ce ſont les maiſons qu'elle parcourt dans ſon voyage autour de la terre. Il eſt évident que cette diviſion n'a aucun rapport avec le cours du ſoleil, ni avec les quatre termes de ſon mouvement. Les Chinois & les Indiens ont, comme nous, les douze ſignes qui ſont relatifs à ce mouvement; ces ſignes portent à peu-près les mêmes noms, du moins dans l'Inde. Pourquoi le P. Gaubil & les autres Miſſionnaires, pourquoi M. le Gentil ne nous ont-ils point parlé des douze conſtella-

tions qui répondent à ces douze ſignes? Pourquoi ne nous ont-ils pas donné les configurations des étoiles qui y ſont attachées? C'eſt qu'il n'y a réellement ni étoiles, ni conſtellations dans ce zodiaque ſolaire. Les douze ſignes ne ſont chez les Indiens, les Siamois & les Chinois, que ce qu'ils ſont aujourd'hui chez nous, les diviſions de l'écliptique, les douziemes parties de la courſe ſolaire.

On voit que les Chinois, dès l'année cent quatre avant notre ère, & l'année cent trois après, avoient déjà meſuré avec des inſtrumens de cuivre l'étendue des vingt-huit conſtellations (*a*). Lorſqu'on parle des globes céleſtes, on dit que les vingt-huit conſtellations y ſont tracées; on ne parle point des douze (*b*). Quand on détermine les ſolſtices, c'eſt toujours relativement aux vingt-huit conſtellations; on y rapporte également le mouvement du ſoleil (*c*). Le P. Gaubil donne le calcul d'onze éclipſes où le lieu de cet aſtre eſt marqué par ces conſtellations (*d*): les *Tſe*, ou les ſignes de l'écliptique ſont déſignés par celles de ces conſtellations qui s'y rencontrent (*e*); ce ſont les conſtellations qui marquent le commencement de ces ſignes (*f*). Ils ſont partagés chacun en deux parties nommées Tſieki, formant en tout vingt-quatre, tous égaux; les ſignes de trente degrés, les Tſieki de quinze. Les équinoxes & les ſolſtices ſont toujours au commencement de ces diviſions; & le P. Gaubil dit en propres termes: *les Tſieki ſont conſidérés, ou comme des diviſions en tems de l'année ſolaire, ou comme des diviſions en degrés & en partie de degrés du*

(*a*) Recueil des obſervations faites aux Indes & à la Chine par le P. Souciet, T. II, p. 5, 24, 61; & T. III, p. 104, 106, 108.

(*b*) *Ibid.* Tome II, p. 49.

(*c*) *Ibid.* p. 7, 20, 45, 46, 47, 48, 52, 53, 99.

(*d*) *Ibid.* p. 66.

(*e*) *Ibid.* Tom. III, p. 26, 27.

(*f*) *Ibid.* p. 31 & 102.

cercle annuel, que décrit le ſoleil par ſon mouvement apparent d'occident en orient (*a*). Ce ſont donc les diviſions, les ſignes de l'écliptique, qui n'ont aucun rapport au ciel étoilé, & dont le lieu & le commencement ſont au contraire exactement fixés dans le zodiaque, & déſignés par les étoiles des vingt-huit conſtellations.

Les Indiens, quand ils calculent le lieu du ſoleil, de la lune & des planetes, le donnent toujours, dans leur zodiaque mobile, partagé en vingt-ſept conſtellations. Quand ils ont beſoin de rapporter ce lieu à l'équinoxe, ils y reviennent par le mouvement connu des étoiles, & par la poſition de l'équinoxe déterminée dans les vingt-ſept conſtellations au tems de l'époque. Dans les calculs des Brames, que donne M. le Gentil, dans ceux des Siamois, expliqués par Dominique Caſſini, on voit qu'un ſigne répond toujours exactement à trente degrés. C'eſt une meſure aſtronomique, & rien de plus; des conſtellations, aſſujetties à des étoiles inégalement eſpacées, n'auroient point cette étendue régulière (*b*). Tous ces peuples, Chinois, Indiens & Siamois, ont donc un zodiaque mobile & ſenſible, orné de conſtellations & déſigné par des étoiles; & un zodiaque fixe & rationnel, où s'accomplit la révolution du ſoleil, où ſe trouvent les caractères de ſon mouvement, & les ſignes de la Balance, de l'Ecreviſſe & du Capricorne, convenablement placés à l'équinoxe d'automne & aux deux ſolſtices. Le commencement de l'année, le ſoleil rétrogradent ſans ceſſe dans le zodiaque étoilé, & parmi les

(*a*) Recueil des obſervations faites aux Indes & à la Chine par le P. Souciet, T. III, p. 94.

(*b*) On a vu plus haut dans les conſtellations d'Hypparque & de Ptolémée, que le Lion & la Vierge ont chacun plus de quarante degrés, le Taureau trente-ſept, les poiſſons trente-huit, tandis que le Bélier n'en a que douze, l'Ecreviſſe onze, & les Gémeaux ſept.

vingt-ſept conſtellations ; mais le ſoleil y tranſporte avec lui l'origine des douze diviſions de ſon écliptique, parce qu'elles appartiennent à l'année & à la révolution ſolaire, & qu'elles n'ont aucun rapport à ces étoiles. Et ce n'eſt pas une conjecture que nous formons ici ; c'eſt un uſage encore établi chez ces peuples ; un uſage conſervé chez eux de la plus haute antiquité ; c'eſt un fait de leur ſcience aſtronomique, d'où on peut tirer des concluſions exactes.

M. le Gentil a remarqué avec raiſon que la diviſion du zodiaque la plus facile, la plus naturelle, & par conſéquent la première, a dû être celle en vingt-ſept conſtellations. On voit dans de belles nuits conſécutives la lune parcourir le zodiaque & le partager par les eſpaces de ſon mouvement diurne ; on remarque chaque jour les étoiles auxquelles la lune répond. En même tems que le zodiaque eſt diviſé en vingt-ſept ou vingt-huit parties, les étoiles, qui marquent ces différentes parties & qui en font des conſtellations, ſont reconnues & diſtinguées. Voilà la véritable diviſion du zodiaque étoilé ; voilà les premiers pas de l'Aſtronomie, que nous avons trouvés chez tous les anciens peuples : la révolution ſidérale de la lune pour meſure primitive du tems ; la diviſion du zodiaque, en raiſon du mouvement de cette planete. On a placé l'origine de ſon mouvement, & on a tout rapporté au commencement de ce zodiaque. Le cours du ſoleil, connu plus tard, a été étudié ſéparément. On a ſuivi d'abord les circirconſtances de ſon mouvement à l'égard de l'équateur ; on a partagé ce mouvement en quatre intervalles, par les ſolſtices & par les équinoxes ; enſuite en douze, par une ſubdiviſion. Mais ces diviſions ne ſont que des portions d'années ; on n'y a point attaché d'étoiles, parce que les étoiles étoient déjà claſſées, & la bande du zodiaque partagée en conſtellations.

Ces

Ces divisions égales & purement solaires, ont reçu des noms relatifs aux travaux rustiques de l'année, aux intempéries des saisons; on a mis à contribution les sphères décrites par les premiers peuples, chasseurs, pasteurs ou agriculteurs. On a pris le Bélier, le Taureau & les Gémeaux pour le printems, parce que c'est la saison des troupeaux; le Lion, pour exprimer la force du Soleil d'été; la Vierge, pour marquer la moisson; le Scorpion, les maladies d'Automne; le Sagittaire, la chasse; le Verseau les pluies; les Poissons, la pêche. On ne peut dire que des choses vagues & incertaines sur ces dénominations antiques, dont les motifs sont cachés sous le voile du tems. Mais quel que soit le peuple auteur de ces institutions, c'est à cette époque, & à la suite de la considération du mouvement du soleil qu'on en a attaché les caractères aux divisions du cercle écliptique. On a mis l'Ecrevisse au solstice d'été, le Capricorne au solstice d'hiver, & la Balance à l'équinoxe d'automne. C'est alors que ces caractères ont eu une signification précise & à l'abri de toute équivoque. Il n'est plus question de savoir si dans le ciel, si dans les planisphères, la Chevre ou le Capricorne sont considérés comme faisant partie du bétail & des richesses de l'âge d'or, si la Balance appartient au commerce, à la justice ou à l'égalité des jours & des nuits. Il n'y a plus ici de planisphère : on fait abstraction du ciel étoilé; on ne considere que le soleil & son écliptique. C'est son mouvement que l'on caractérise; ce sont ses influences que l'on peint. Les signes sont expliqués par leur institution, & des idées claires dérivent d'un motif unique.

Quand on a voulu prendre la révolution solaire comme une mesure du tems, plus longue & plus commode que la révolution de la lune, on en a placé le commencement à la

première des vingt-ſept conſtellations, à l'origine du zodiaque étoilé déjà diviſé. De là la néceſſité d'employer une année ſidérale, comme font les Indiens. On a eu une raiſon de plus, lorſque l'inégalité du ſoleil a été connue ; cette inégalité eſt la plus remarquable dans l'apogée & dans le périgée, où cet aſtre ſe meut avec la plus petite & la plus grande vîteſſe. On ſait que ces points ont un mouvement progreſſif dans le ciel. Les Indiens ne paroiſſent pas avoir connu ce mouvement, ou du moins ils n'en ont pas tenu compte ; & ils n'en avoient pas beſoin. L'apogée du ſoleil, dans ſon mouvement, ne précede pas beaucoup celui des étoiles. En étudiant les inégalités de cet aſtre, les Indiens ont reconnu qu'elles arrivoient toujours dans les mêmes points du zodiaque étoilé ; ils ont donc attaché ces inégalités aux étoiles ; & la révolution ſolaire, qui ramene ces inégalités, a dû être ſidérale. On voit en effet que ſi l'année des Indiens commence à l'entrée du ſoleil dans le zodiaque étoilé & mobile, chaque mois eſt réglé dans ſa longueur par la vîteſſe du ſoleil ; le plus long, celui où cet aſtre ſe meut le plus lentement, eſt toujours le troiſieme ; le plus court, celui où cet aſtre ſe meut le plus rapidement, eſt toujours le neuvieme.

Ces ſignes, tous égaux, mais qui parcourus avec différentes vîteſſes, font douze mois inégaux, diviſent chez les Indiens la révolution du ſoleil relative à l'apogée, plutôt que ſa révolution relative à l'équinoxe. Si les ſignes caractériſtiques qui appartiennent à cette dernière, ont été tranſportés à la première, c'eſt préciſément parce que n'étant eſſentiellement que les douziemes parties de la courſe du ſoleil, ils appartiennent également à toutes ſes révolutions. On s'eſt écarté en cela des motifs qui avoient déterminé leurs noms. Mais les Indiens ont eu l'intention de ramener ces ſignes & tous leurs

calculs à l'équinoxe ; car en choiſiſſant pour époque vraie le commencement de l'année trois mille cent deux avant notre ère, où le ſoleil & la lune ſe ſont trouvés enſemble au premier point du zodiaque mobile, ils diſent que vingt mille quatre cens ans avant cette époque de l'an trois mille cent deux, tous les Aſtres étoient en conjonction dans ce premier point. Cette époque éloignée eſt fictive ; mais pourquoi l'ont-ils choiſie ? C'eſt qu'ils ont vu que trois mille ſix cens ans après leur époque de l'an trois mille cent deux, l'origine de leur zodiaque répondroit à l'équinoxe ; & comme, ſelon eux, la révolution entière des fixes eſt de vingt-quatre mille ans, il s'enſuit que vingt mille quatre cens ans avant leur époque vraie, cette origine a dû répondre encore à l'équinoxe. Les mêmes calculs leur ont appris que le ſoleil & la lune s'y retrouveroient en même tems ; & c'eſt de là qu'ils partent pour ſupputer les mouvemens de ces deux aſtres. Tous les vingt-quatre mille ans, les révolutions ſidérales & anomaliſtiques du ſoleil, qui, ſelon eux ſont égales, doivent recommencer avec la révolution tropique.

Il eſt donc évident que les douze ſignes appartiennent à l'écliptique plutôt qu'au zodiaque, ce ſont des nombres, des fractions de la révolution ſolaire. Les Indiens les additionnent, les multiplient, comme nous le faiſons aujourd'hui dans nos opérations arithmétiques. Ces nombres n'ont rien de commun avec le ciel étoilé ; le zodiaque conſidéré relativement aux étoiles qui s'y rencontrent, eſt partagé en vingt-ſept ou vingt-huit conſtellations, & non en douze. Perſonne que nous ſachions, dans les relations de l'Inde & de la Chine, n'a parlé de ces conſtellations prétendues ; on peut donc croire qu'elles n'y ont jamais exiſté. Alors les ſignes de l'écliptique n'étant plus que des nombres dépouillés de toute relation

avec les étoiles, on ne peut en tirer de conſéquences en faveur d'une antiquité prodigieuſe de la diviſion du zodiaque; celle qui réſulte des époques indiennes & de l'Aſtronomie chinoiſe, eſt déjà bien aſſez grande. On doit dire encore qu'il faudroit des raiſons très-fortes, & ſans doute des démonſtrations, pour remonter ſi haut dans les tems, pour placer ſi loin l'origine d'une multitude de fables & d'allégories, conſervées entières & fidellement tranſmiſes. Les inſtitutions les plus utiles ſe détruiſent par la durée; toute exiſtence eſt bornée ſur la terre. La tradition même ne doit-elle pas s'altérer, s'éteindre, mourir comme les hommes & finir comme les empires.

Mais ſi la diviſion en vingt-ſept ou vingt-huit conſtellations, eſt la diviſion primitive, ſi les douze ſignes ne ſont point des conſtellations, & n'offrent qu'une meſure aſtronomique, nous poſſédons cependant aujourd'hui une diviſion du zodiaque en douze conſtellations, que nous n'avons point inventée; nous la trouvons à Alexandrie, du tems d'Hypparque & de Ptolémée; nous la retrouvons même antérieurement chez les Grecs, au tems d'Eudoxe & de leurs premiers Aſtronômes. Voilà la trace que nous devons ſuivre pour en reconnoître les inventeurs; ici nous ne pouvons propoſer que des conjectures. Une remarque bien fondée peut ſeulement nous guider; c'eſt que tous les peuples, qui, comme les Indiens & les Chinois, ont eu la diviſion du zodiaque en vingt-ſept ou vingt-huit conſtellations, ne doivent point en connoître d'autres. A quoi ſerviroient ces deux ſuites de conſtellations différentes pour diviſer un même eſpace? Ce ſeroit une ſuperfluité & une ſource de confuſion. On s'eſt propoſé d'établir dans le ciel des points de reconnoiſſance, pour y rapporter le cours des aſtres; la première nomenclature imaginée a

rendu la seconde inutile. Cette remarque exclut les Chinois, les Indiens, les Siamois, les Perses qui tous ont partagé le zodiaque en vingt-sept ou vingt-huit constellations. Elle exclut également les Egyptiens, qui ont dû avoir cette même division, puisque les Coptes, leurs succcesseurs, l'ont conservée.

Cela posé, la division en douze constellations, qui se trouve dans la sphère décrite par Eudoxe, doit avoir été apportée d'Asie. Cette sphère fut sans doute adoptée & chantée par Orphée treize ou quatorze cens ans avant notre ère; elle est antérieure d'un siecle au voyage des Argonautes, & elle est un des fruits de cette expédition. C'est de cette même sphère qu'Hypparque & Ptolémée ont fait usage, eux qui n'ont rien emprunté des Egyptiens, eux dont toute l'Astronomie est fondée sur les observations chaldéennes. Il y a lieu de croire que ces connoissances semblables des Grecs d'Europe & des Grecs d'Egypte, leur venoient de la même source. Or les Chaldéens sont le seul peuple savant de l'antiquité, qui ne semble pas avoir connu la division en vingt-sept constellations. Il est donc naturel que ce peuple, soigneux observateur des astres, s'en soit fait une; & comme il se régloit sur des années comptées de l'équinoxe, il a partagé le zodiaque relativement au soleil; il a adopté les douze divisions de son mouvement, divisions déjà connues & répandues dans l'Asie. Il lui a suffi d'y attacher des étoiles, pour en faire des constellations. Les points cardinaux ont dû être placés au commencement des signes; & comme l'an quatorze cent quarante-sept avant notre ère, ces points étoient au quinzieme dégré du Bélier, de l'Ecrevisse, de la Balance & du Capricorne, il s'ensuit que lors de cette institution, les équinoxes & les solstices ont dû être placés à la fin de ces constellations,

ou au premier degré du Taureau, du Lion, du Scorpion & du Verseau. Cette institution dateroit donc de l'an deux mille cinq cent dix-huit avant J. C. Il ne paroît pas que l'on puisse la placer plus loin, parce que les points cardinaux ont dû se trouver, au moins, à la fin des constellations qui les caractérisent; ou si on découvroit des faits qui reculassent cette institution, il faudroit abandonner la coincidence, dont nous venons de parler, croire qu'on n'y a point pensé en nommant les constellations, & dire qu'elle s'est rencontrée par hasard, depuis l'an deux mille cinq cent dix-huit jusqu'à l'an trois cent soixante-treize avant notre ère.

D'autres conjectures nous conduisent chez les Chaldéens, pour y trouver cette origine. Nous voyons que la sphère indienne offre déjà trois ou quatre de nos constellations; l'époque de cette sphère doit être beaucoup plus ancienne que l'époque vraie des Indiens de l'an trois mille cent deux, & le partage en vingt-sept constellations, qui y est attaché. Nous voyons que la sphère persienne, qui peut remonter au tems de Diemschid, à l'année trois mille deux cens, époque de l'intercalation des Perses, contient huit à neuf de nos constellations; c'est un progrès. Les faits suivent une espece de chronologie, en supposant que les Chaldéens ont fait douze constellations zodiacales l'an deux mille cinq cent dix-huit: d'ailleurs Callisthenes nous a appris que les observations chaldéennes remontoient à l'an deux mille deux cent trente-quatre; il est naturel que chez ce peuple la division du zodiaque ait précédé de plusieurs siecles les observations suivies dans un observatoire fixe.

On peut présumer que les Chaldéens, en faisant cet arrangement, en donnant des étoiles aux douze signes de l'écliptique, qui auparavant n'étoient que des divisions & des

nombres, ont choisi dans la sphère persienne les constellations qui se trouvoient aux environs de l'écliptique & dans la bande du zodiaque. Ils y ont trouvé le Taureau, les deux Anes, la Vierge, le Lion, la Balance, un second Taureau, la Chevre, le Fleuve, le Poisson. Ces constellations les plus anciennes sont celles qui dans le zodiaque de Ptolémée, ont plus d'étendue; quatre d'entr'elles ont chacune près de quarante degrés: elles n'étoient que neuf dans l'intervalle où il y en a douze; elles pouvoient occuper plus d'espace. Les trois nouvelles constellations, le Bélier, les Gémeaux, l'Ecrevisse sont petites. On a resserré les Poissons, pour placer le Bélier; on a partagé la constellation des deux Anes, pour faire les Gémeaux & l'Ecrevisse. Le Sagittaire a été mis à la place du second Taureau; la trace de cette substitution est conservée dans les noms différens que porte encore le Sagittaire. On y retrouve celui du Taureau (*a*). Enfin on a donné au Scorpion la place de la Balance.

Il n'est pas inutile d'observer ici que, suivant Aratus, il y avoit dans ce zodiaque seulement onze constellations. Le Scorpion occupoit par ses serres l'espace occupé aujourd'hui par la Balance. Ce qui pourroit faire présumer que les Chaldéens, dans cette répartition des étoiles, n'ont pas eu tant d'égards qu'on pourroit le penser, à faire accorder les constellations avec les douze signes; & que chez eux-mêmes la division de l'écliptique en douze parties étoit mathématique & abstraite, comme chez les autres peuples de l'Asie. C'est dans le tems de cette répartition nouvelle qu'on a transposé le Lion & la Vierge, parce que dans le zodiaque solaire de l'Asie, la Vierge

(*a*) M. de la Lande, Astronomie, Tome I, p. 256.

étoit, non le premier, mais le second signe après l'Ecrevisse & le solstice.

Cependant ce changement, le nombre même d'onze constellations prouvent que les Chaldéens ont voulu établir quelque conformité entre leurs nouveaux astérismes & les signes anciennement établis. Ils auroient pu admettre un plus grand nombre de constellations, ou se borner aux neuf déjà dessinées dans la sphère persienne. Il est donc naturel d'en conclure qu'ils ont eu soin de placer les équinoxes & les solstices au commencement des constellations. Lorsque les Grecs ont emprunté cette sphère, douze ou treize siecles avant notre ère, les points équinoxiaux & solsticiaux répondoient aux quinziemes degrés : enfin lorsqu'Hypparque a renouvelé l'Astronomie, il a observé ces points aux premiers degrés des constellations du Bélier, de l'Ecrevisse, de la Balance & du Capricorne; & comme il a enseigné dans le même tems que les étoiles s'éloignoient sans cesse de ces points, & s'avançoient constamment le long de l'écliptique, on a laissé depuis lui ces constellations suivre leur marche progressive, & on a conservé leurs noms aux places où elles étoient il y a deux mille ans. Les douze signes reculent à travers les étoiles avec l'équinoxe, avec le commencement de l'année : ces signes ne sont plus que les divisions égales de l'écliptique; & en séparant ainsi les signes des constellations, nous suivons aujourd'hui un usage antique, qui, si l'on en excepte les Chaldéens, a été général parmi tous les anciens peuples de l'Asie.

Nous ne connoissons point de faits dans l'antiquité, qui contredisent ce que nous établissons ici. Les douze signes n'ont été alors, comme ils le sont aujourdhui, qu'une division de la révolution solaire; ils n'ont été jamais rapportés aux étoiles par les Nations de l'Asie. Ce sont les seuls Chaldéens, qui plus

tard

tard ont attaché des constellations à ces signes ; du moins suivant une conjecture que la vraisemblance autorise. Mais quel que soit le peuple auteur de cette institution, que ce soient les Chaldéens, les Grecs ou les Egyptiens mêmes, *la* date de l'an deux mille cinq cent dix-huit ans avant notre ére, paroît la plus ancienne que l'on puisse assigner au partage des étoiles zodiacales en onze ou douze constellations. Les Chinois & les Indiens ont eu long-tems auparavant la division en douze signes : mais ce sont des signes abstraits, des portions égales du cercle, sans nul rapport avec le ciel étoilé ; & on n'en peut rien conclure, ni sur l'époque de cette division, ni sur le peuple qui l'a exécutée.

Si nous avons discuté les principes, qui servent de base aux recherches de M. Dupuis, c'est par un sentiment d'estime pour son travail ; c'est parce que ses principes tiennent aux questions intéressantes de la division du zodiaque & de l'antiquité de l'Astronomie. Nous avons cru qu'il seroit utile & à la science, & à M. Dupuis même, d'exposer dans cette histoire les doutes & les réflexions que nous a fait naître la lecture de son ouvrage. L'idée de puiser, dans les levers & dans les couchers successifs des étoiles, le sens allégorique des fables, & la succession des Héros de la Mythologie, est une idée très-ingénieuse ; mais comme les étoiles conservent toujours les mêmes distances & les mêmes relations entr'elles, comme ces levers & ces couchers se succedent dans un ordre à peu-près semblable, il ne paroît pas que ces explications puissent être uniquement liées & à une époque, & à un climat. On peut, sans doute, en transporter un grand nombre, & pour le tems & pour le lieu : & si une partie de ces explications ne pouvoit pas subsister, on en tireroit une conclusion que nous croyons très-vraie, c'est que toutes les fables n'ont pas la même

origine. Elles doivent être l'ouvrage des siecles, le produit de la folie ou de la sagesse des hommes, qui sur la terre & dans ces siecles ont changé bien des fois de climats, d'habitudes & d'idées. Les fables sont nées dans la marche de la tradition; on doit donc y retrouver ce qui a été confié à la tradition, & tout ce que traîne après soi ce fleuve grossi de tant de sources différentes.

HISTOIRE

DE

L'ASTRONOMIE MODERNE.

DISCOURS VI.

Résumé général.

QUAND on a fait une longue route, comme celle que nous avons parcourue depuis l'origine présumée de l'Astronomie jusqu'à nos jours, il est naturel de regarder derrière soi, pour se rendre compte des pas qu'on a faits ; & de s'arrêter à la hauteur des siecles accumulés les uns sur les autres, pour embrasser l'ensemble des choses dont on a vu les détails. Il est encore dans la nature de l'homme, impatient & curieux de l'avenir, de porter sa vue sur la route qui lui reste à faire, de comparer l'estime de ses moyens avec celle des obstacles, de savoir si sa grandeur peut s'accroître, & si sa force limitée suffit à de nouveaux succès. Nous avons deux objets à considérer ; ce que nous avons fait, ce que nous pouvons faire. Notre coup d'œil doit suivre la durée, & se partager comme

le tems qui a ſeulement deux diviſions réelles, le paſſé & l'avenir, puiſque le préſent n'eſt que la limite des deux autres.

PREMIERE PARTIE.

Des Progrès que l'Aſtronomie a faits.

L'Astronomie a une origine auſſi obſcure que reculée ; on ne peut dire préciſément ni dans quel lieu, ni dans quel ſiecle elle eſt née. Les probabilités les plus fortes nous ont fait avancer qu'il y avoit eu jadis une Aſtronomie, qui fut perfectionnée, puis détruite & oubliée. Cette ſcience a exiſté antérieurement aux Nations connues de l'Aſie ; elle nous a paru l'ouvrage d'un peuple placé dans cette partie du monde, à la hauteur de quarante-neuf ou cinquante degrés. Ce peuple a vécu ſans doute aſſez long-tems ſur la terre pour acquérir des connoiſſances qui ont droit à notre admiration. Nous ne lui accordons que celles qu'on ne peut lui refuſer. Avec le gnomon, le premier & le plus ſimple de tous les inſtrumens, avec des clepſidres pour compter le tems, des cercles d'airain pour meſurer l'eſpace, cette Aſtronomie a atteint un certain degré de préciſion. Le mois de la lune, l'année du ſoleil furent exactement déterminés. Les révolutions de ces deux aſtres ont été combinées dans une période de deux cent vingt-trois mois, qui ſuppoſe la connoiſſance de l'inégalité de la lune, & celle des mouvemens de ſon nœud & de ſon apogée ; dans une période de dix-neuf ans, qui fut depuis le cycle d'or réinventé par Méthon ; dans une période de ſix cens ans, dont l'exactitude a été célébrée par Dominique Caſſini ; enfin le cours des aſtres en a produit une infinité d'autres, telles que celles de douze, de ſoixante & de trois mille ſix cens ans. L'obliquité

de la route du soleil a été reconnue & déterminée ; on a vû que les étoiles s'avançoient le long de l'écliptique. Le ciel a été partagé en constellations, le zodiaque divisé en douze parties égales, suivant le cours du soleil, & en vingt-huit constellations, suivant le cours de la lune. Enfin les degrés terrestres ont été mesurés, & on a su en conclure avec précision l'étendue entière de la circonférence du globe. On n'a point exécuté tous ces travaux, sans observer beaucoup & long-tems. Deux opinions, qui semblent appartenir aussi à ces tems antiques, doivent être ajoutées à ces déterminations ; ces opinions sont celles du retour des cometes, & celle du véritable arrangement des corps célestes, qui n'ont pu naître que d'une saine philosophie, aidée d'une longue suite d'observations, & sur-tout d'une science assez vieille pour avoir parcouru les erreurs qu'il est nécessaire d'épuiser avant d'arriver à la vérité. Voilà la masse des connoissances anciennes.

Ces connoissances ont été démembrées & dispersées au tems des conquêtes, qui ont bouleversé la plus ancienne partie du monde ; les individus vaincus & fugitifs, ont emporté dans leur fuite une partie de leurs connoissances, avec leurs Dieux & leurs familles. Sans ce démembrement fait au hasard, trouveroit-on à la Chine un souvenir de la terre mesurée, sans aucun résultat de cette mesure, tandis qu'on trouve à Babylone une mesure exacte de la terre, sans qu'on sache ni par qui, ni comment, ni dans quel tems elle a été faite. Les Chaldéens nous ont conservé la méthode qui servit jadis à diviser le zodiaque ; il en a dû naître vingt-quatre divisions. Ces vingt-quatre divisions n'existoient point à Babylone ; c'est à la Chine qu'on les retrouve, à la Chine où l'origine en est ignorée. Enfin des trois périodes de soixante, de six-cent & de trois mille six cens ans, qui ont évidemment des

rapports entr'elles, qui ont dû naître les unes des autres, la première seulement est connue à la Chine, la première & la troisieme aux Indes, les trois ensemble à Babylone. Le démembrement de la science est donc démontré; un long & profond oubli ne tarda pas à le suivre. Les plus précieux restes de cette Astronomie semblent déposés dans les Tables astronomiques des Indiens; c'est ce que nous avons de plus antique sur la terre.

Ces restes de la science, une tradition plus ou moins constante, un souvenir même vague furent encore utiles aux hommes. L'idée d'une science est déjà un pas, le souvenir d'une chose qui a été faite enseigne qu'elle est possible; & le courage multiplie les efforts, lorsqu'il a l'espérance du succès. Au tems de la fondation des nouveaux empires, le souvenir de l'Astronomie fit renaître la science aux deux extrémités de l'Asie, à la Chine & à Babylone. Les Chinois nous ont presque toujours été étrangers, les Chaldéens seuls nous intéressent; le fil alors renoué, n'a plus été interrompu jusqu'à nos jours. Les Chaldéens sont pour nous les vrais restaurateurs de la science; l'habitude d'observer fut transportée chez eux. Les Asiatiques n'ont en général ni dessein, ni méthode; mais enfin ils suivoient la nature, ils pouvoient dire chaque jour ce qu'elle avoit fait. L'abondance des idées & des vues peut quelquefois nuire, en faisant changer trop facilement d'objets: elle égare sur-tout dans les commencemens; il faut voir long-tems avant de savoir chercher. Le génie même de l'Europe n'eût pu mieux faire alors, & la patience des Chaldéens a pendant deux mille années, posé & cimenté la base sur laquelle Hypparque a commencé à bâtir.

Les richesses d'une grande conquête, la puissance des Rois

d'Egypte & le génie de la Grece firent éclorre à Alexandrie une époque plus brillante. Le trésor des observations chaldéennes étoit un des fruits de cette conquête; les Grecs n'y virent que des faits amassés, & des résultats, qui étant plus anciens que ces faits, n'avoient aucune liaison avec eux. On prit les faits; on rejeta les résultats; il fallut tout recommencer. Les Rois donnerent un *Musæum* & des instrumens. Aristille & Tymocharis fonderent l'art d'observer; & pendant qu'Erathostenes déterminoit l'obliquité de l'écliptique, & tentoit de mesurer la terre, Hypparque, homme de génie, apporta la méthode, qui avoit toujours manqué aux Orientaux. Il osa faire le dénombrement des étoiles; il découvrit de nouveau leur mouvement en longitude, & il en trouva la cause dans la rétrogradation de l'équinoxe. Enfin il embrassa tout, & il est le vrai fondateur de la science, puisqu'il en établit les principes; il est le premier qui fut frappé de l'analogie des effets, & qui conçut l'idée d'un corps de doctrine où les vérités seroient liées, comme elles le sont dans la nature. Ptolémée eut ce qu'il falloit de talent pour obéir au génie d'Hypparque; il réunit, completta les connoissances qu'Hypparque avoit commencées. Le projet conçu par l'un, fut exécuté par l'autre; & il en résulta un édifice, qui a fait la surprise & l'instruction de tous les peuples pendant treize siecles. La géométrie des Orientaux avoit été bornée aux figures rectilignes & au cercle. Cette première de toutes les courbes étoit devenue la regle des mouvemens célestes: Hypparque & Ptolémée l'ont adoptée, & ils ne se sont point élevés, comme les antiques habitans de la terre, au vrai systême du monde; ils firent mouvoir le soleil, & la terre resta immobile pour eux, comme pour le vulgaire. Les planetes, dont le mouvement est inégal autour du soleil, offrent des

apparences irrégulières & bizarres dans la supposition du repos de la terre. Une mesure simple, comme le cercle, ne pouvoit suffire à la multiplicité de ces apparences vraies ou fausses ; on entassa les cercles, on les fit rouler les uns sur les autres ; la machine céleste se composa de plus en plus ; on ne vit partout que roues mutuellement engrainées, & chaque planete fut menée par un rouage.

Les Arabes, destructeurs d'Alexandrie, s'approprierent son Astronomie, comme les Grecs avoient conquis celle de Babylone. Cette science fut cultivée avec ardeur dans Bagdat, à cause de l'Astrologie. La connoissance de l'avenir est un besoin dans l'Asie, où les imaginations sont échauffées par le soleil, & où la raison est dans la servitude. La protection des Califes, les magnifiques instrumens qu'ils firent construire, ne suppléent point au génie. Les Arabes firent peu de progrès ; le mouvement de l'apogée du soleil est la seule vérité qu'ils ayent découverte & placée dans la masse de nos connoissances. L'Astronomie passa avec eux dans l'Europe, & elle fut portée partout où les conduisirent le commerce & la guerre. Les Européens commencerent alors à la cultiver ; Waltherus, Regiomontanus, en Allemagne, construisirent des instrumens & renouvelerent les observations. A chaque nouveau domicile, la science étoit assujettie à un nouvel examen ; les connoissances transmises étoient vérifiées : mais à cette époque il se fit une grande révolution qui changea tout. Le génie de l'Europe se fit connoître & s'annonça dans Copernic. La longue admiration qu'on avoit eue pour Ptolémée, ne lui en imposa point ; il renversa l'édifice de l'Astronôme d'Alexandrie, & renouvelant une ancienne vérité trop long-tems méconnue, il laissa les étoiles sans mouvement dans les espaces célestes ; il fit mouvoir la terre sur elle-même, pour produire

les jours & les nuits, & il la fit marcher, ainsi que toutes les planetes, autour du soleil, qui reste seul dans un repos convenable à sa grandeur.

Cependant les rouages subsisterent; une grande roue eût suffi pour représenter le mouvement supposé égal des planetes, il falloit de petites roues pour satisfaire à leurs inégalités réelles. Malgré cette complication, dont il étoit encore difficile de se passer, Copernic avoit fait un grand pas vers la vérité. La destruction du systême de Ptolémée étoit un préliminaire indispensable, & cette première révolution devoit précéder toutes les autres. Tycho, qui vint après lui, est celui de tous les Astronômes modernes, qui a employé le plus d'argent, le plus de soins, & le plus de tems à l'observation. Il fit avec sa fortune, & avec les secours du Roi de Danemarck, un des plus magnifiques établissemens qu'ait eus l'Astronomie, & il laissa un trésor d'observations à la postérité; c'est encore aujourd'hui une partie essentielle de nos richesses. Les observations chaldéennes, celles d'Hypparque & de Ptolémée, celles de Tycho, voilà les époques que nous avons dans les tems. Ces observations nous y rendent présens; c'est par leur secours, c'est en les comparant aux nôtres, que nous suivons, à travers les siecles, la succession des mouvemens, & que nous cherchons à nous assurer, ou de leur constance, ou de leurs variations. Tycho s'attacha particuliérement à la lune: il ajouta deux équations à celles qui avoient été connues de Ptolémée; il vit les nœuds se mouvoir, l'orbite s'élever & s'abaisser sur l'écliptique. Malgré ces découvertes, malgré les travaux d'un grand nombe de générations, Chaldéens, Grecs d'Alexandrie, Arabes, Européens, tous n'avoient été encore occupés qu'à recouvrer ce qu'on avoit perdu. Le mal des révolutions politiques est long à réparer; les lumières, facilement

détruites, ne ſe remontrent que lentement ; mais enfin au tems de Tycho, l'eſprit humain ayant regagné ce que l'oubli lui avoit enlevé, la nouvelle Aſtronomie étoit déjà montée au niveau de l'ancienne.

Mais les Européens n'étoient point arrivés là pour y reſter. Une routine aveugle & uniforme n'étoit point faite pour eux ; ils ſont organiſés pour le progrès des ſciences C'eſt une vérité bien connue, que le climat modifie les hommes ; il endort, ou il éveille leur activité. Cette activité nous arrache au préſent pour nous jeter dans l'avenir ; ſans elle, l'homme ne connoît que la nature qui l'environne, ou même celle qui le touche immédiatement : il demeure à la place que ſa naiſſance lui a marquée ; & le reſte de l'univers eſt nul pour lui. Cette indolence fut toujours le caractère des Orientaux : ils ſupportent tout, & l'ignorance & la tyrannie ; l'obſtacle des difficultés arrête leurs penſées, comme un deſpote enchaîne leur liberté. S'ils ont cultivé les arts & les ſciences, c'étoit pour les premiers beſoins ; ils y portèrent de l'attention ſans vues, & de la ſuite ſans méthode. Les habitans de l'Europe ont reçu un autre caractère : une imagination vive & hardie, qui cherche & ſaiſit les cauſes, une raiſon perfectionnée, qui ſait les peſer, ſemblent être le privilége particulier & diſtinctif des Européens. Nés ſous un ciel mobile, ils ont cette inquiétude qui a beſoin de mouvement, & qui, ſoit pour le lieu ou pour le tems, fait deſirer à l'homme de vivre où il n'eſt pas. Ce mouvement de l'eſprit produit & accélere la ſucceſſion des penſées ; les hommes voyagent, & ils appliquent & leurs ſens & leur intelligence à toutes les choſes de la nature. En Aſie, rien n'a été fait que par la conſtance des travaux ; c'eſt le genre humain agiſſant en maſſe, ou à la fois, ou ſucceſſivement. En Europe le génie a ſuccédé

à la patience pour commander le travail ; les grandes choses ont été faites par des individus. Un homme a paru dans un siècle, & s'est rendu le maître des pensées ; il a changé les sciences, comme les conquérans changent les empires. C'est par un tel effort qu'on peut apprécier l'esprit humain : ce ne sont point de petites forces réunies pour en produire une grande ; c'est une puissance unique, & celle du génie.

Jusqu'au tems de Tycho, nous sommes revenus sur les traces perdues ; nous n'avons peut-être qu'égalé les premiers Astronômes (*a*), Kepler a commencé notre supériorité. Jamais homme n'avoit encore porté dans les sciences ni plus d'activité, ni peut-être plus de génie. On voit, en réfléchissant sur ses travaux, qu'il a dû avoir une multitude d'idées, & cette fécondité même est le caractère d'un esprit supérieur. En découvrant la forme elliptique des orbites planétaires, il fit une véritable révolution dans l'Astronomie. Cette vérité étoit entiérement neuve sur la terre ; nous n'en avons trouvé aucune trace dans l'antiquité. Elle fut donc le premier produit du génie moderne ; elle a tout changé, puisqu'elle a banni le préjugé des mouvemens circulaires ; & en détruisant cette barrière, elle a ouvert un champ vaste à des recherches entiérement nouvelles. Ce n'est pas tout ; les anciens dans leur indifférence, ne desiroient rien au-delà de ce qu'ils voyoient, contens d'observer les effets, ils ne s'étoient point embarrassés des causes. Kepler sentit le besoin de les connoître. On avoit pu croire jusqu'à lui que les astres se mouvoient chacun à part avec une marche différente, & sans aucune dépendance ; ces

(*a*) Au tems d'Hovélius même, les meilleures Tables s'écartoient d'une demi-heure sur l'observation des éclipses. (*Suprà*, T. II, p. 232). Les anciennes Tables indiennes donnent mieux. (*Voyage de M. le Gentil*, T. I, p. 299, & *Mém. de l'Acad. Sc.* 1772.

vues bornées ne lui suffisoient pas. Il ne pouvoit s'arrêter & se reposer que sur des vues générales ; il conçut l'unité de la nature, il soupçonna des loix universelles, & il eut le bonheur de les découvrir. Les planetes sont assujetties à parcourir des ellipses autour du soleil, à décrire dans ces ellipses des aires proportionnelles au tems ; & les révolutions de ces planetes sont comme les racines carrées des cubes de leur distance au soleil. Cette législation est une grande & magnifique découverte, un ouvrage alors aussi neuf que depuis il a été utile.

Si Copernic a enseigné que toutes les planetes circulent autour du soleil, Képler a révelé les loix de cette dépendance ; il a osé même en chercher le principe dans le soleil. Il a pensé que tout assujettissement est l'effet d'une puissance, & que cette puissance doit résider dans le corps qui semble dominer & se faire obéir. Si les efforts de Képler, pour découvrir la vraie cause, ont été infructueux, il faut lui savoir gré de cette vue philosophique par laquelle il a encore dévancé son siecle.

En même tems le hasard nous a procuré un autre moyen de supériorité sur les anciens. Le téléscope découvert, en ouvrant un nouveau ciel, a offert une multitude d'objets à la curiosité humaine, & a donné de l'espace au génie. Galilée a découvert les satellites de Jupiter, l'anneau de Saturne ; Huyghens & Dominique Cassini, les cinq satellites de cette planete. On a vu le Soleil, Jupiter, Mars, Vénus tourner sur eux-mêmes, comme la Terre ; &, suivant la prédiction de Copernic, Vénus & Mercure montrer les mêmes phases que la Lune. On a apperçu l'atmosphère lumineuse du Soleil ; on a mesuré la vîtesse de la lumière. Les Astronômes sembloient transportés dans un nouveau monde ; Galilée, Dominique

Caſſini & leurs contemporains ont fait le dénombrement du ciel. Dans ce ſiecle ſi fertile en découvertes, Galilée avoit obſervé que le pendule oſcille en tems égaux; Huyghens en avoit fait une application heureuſe à la meſure du tems, & les horloges perfectionnées meſurerent les eſpaces céleſtes, comme la durée. Pluſieurs individus dominoient ainſi par le génie, & tout le reſte éprouvoit leur influence. Alors de nouveaux inſtrumens étoient inventés, de nouvelles perfections leur étoient ſans ceſſe ajoutées; les mouvemens céleſtes furent ſuivis dans leurs moindres détails, tout fut meſuré avec une préciſion juſqu'alors inconnue. Cette exactitude eſt encore une ſupériorité moderne, du moins quant aux moyens; car nous tenons de notre habileté ce que les anciens n'obtenoient que de la conſtance & du tems. Dans les quatre-vingt premières années du dernier ſiecle, l'Europe entière étoit en mouvement pour les ſciences; les obſervations étoient multipliées, la terre meſurée; Richer alloit à l'équateur, pour y découvrir la variation de la peſanteur ſur le globe. Mais il ne ſuffiſoit pas que l'eſpece humaine eût porté partout ſes pas & ſes efforts, il falloit que la théorie pût marcher avec l'expérience, afin de diriger ſes recherches, & de comparer ſes réſultats. Deſcartes, en perfectionnant la géométrie, avoit préparé une meſure univerſelle pour tout ce qui eſt ſuſceptible de rapport & de comparaiſon. En uniſſant cette ſcience à l'algebre, il les rendit toutes deux plus vaſtes & plus utiles; & lorſqu'il tenta d'appliquer la méchanique à l'Aſtronomie, de comparer les grands reſſorts de la phyſique céleſte avec ceux que nous avons dans nos mains & ſous nos yeux; s'il ſe trompa, s'il manqua ſon objet, il nous a familiariſés avec une nature, qui ne paroît plus impoſante que parce qu'elle eſt plus loin de nous.

Les hommes, qui viennent les premiers, travaillent pour

ceux qui viennent après eux. Les quarts de cercle, les pendules, les télescopes semblent n'avoir été inventés, les mesures exactes n'ont été faites, Képler n'a pénétré les loix des révolutions célestes, Dominique Cassini n'a fondé une nouvelle & vaste Astronomie, Descartes n'a créé une puissante géométrie que pour fournir les instrumens & les matériaux du grand édifice que devoit élever Newton. La cause inconnue, qui sous nos yeux fait tomber tous les corps, fut pour Neuwton la clef de tous les mystères, & lui indiqua le ressort des mouvemens célestes. Il étendit d'abord cette pesanteur des corps jusqu'à la Lune; il vit que cette planete, sans cesse retirée de sa route rectiligne, tomboit à chaque instant vers la Terre, par les mêmes loix que les corps tombent devant nous à sa surface. Ces corps & la Lune ont donc la même tendance; une tendance semblable fait tomber toutes les planetes vers le soleil. Elle décroît en raison inverse du carré des distances, & il en résulte les trois loix que les phénomènes ont révelées à Képler. Cette tendance naît d'une force qui réside dans le corps central; elle appartient à tous les corps en proportion de leur masse. Saturne, Jupiter, la Terre gouvernent leurs satellites, comme le Soleil régit les planetes, avec cette différence, que le Soleil a une force prépondérante qui assujettit tout; & si elle permet aux cometes de s'éloigner dans les déserts de l'espace, elle existe encore à cette distance immense, pour les contraindre à revenir. Cette force, qui réside dans toute les masses, devoit résider dans chaque molécule de la matière. Newton y vit la raison de la figure applatie de notre globe; il y trouva la cause de la rétrogradation des points équinoxiaux & de l'élévation des marées.

Ainsi Newton a uni inséparablement la géométrie à l'Astronomie; ces deux sciences marchent ensemble, leurs progrès

séparés leur sont mutuellement nécessaires. La connoissance intime des choses dépend de leur concours ; tantôt l'une les observe, & l'autre les explique ; tantôt celle-ci prévient & annonce les phénomènes, celle-là voit & confirme ce que l'autre prédit. Depuis Newton, de grands progrès ont illustré les deux sciences. Bradley a découvert l'aberration des étoiles & la nutation de l'axe de la terre. Le retour des cometes a été constaté par l'observation. On a déterminé les réfractions & leurs variations; on a découvert l'inflexion des rayons solaires dans la petite atmosphère de la lune. Toutes les méthodes ont été perfectionnées. On a remédié à la dispersion des rayons de lumière par les verres achromatiques. Des voyages ont été entrepris au pôle & à l'équateur, pour mesurer la terre ; à l'extrémité de l'Afrique, pour décrire le ciel austral, pour déterminer la distance de la lune ; enfin dans toutes les parties du monde, pour observer deux fois le passage de Vénus, & mesurer par la parallaxe la distancee du Soleil à la Terre, cette grande base de toutes les mesures astronomiques.

En même tems la géométrie s'est avancée, en perfectionnant les deux calculs inventés par Newton. L'un descend dans les détails des choses, par une marche qui n'est jamais arrêtée, qui peut aller aussi loin que l'imagination & la pensée, c'est le calcul différentiel ; celui-là est sorti en entier des mains de Newton. L'autre, le calcul intégral, qui remonte de ces détails & des parties des choses à leur assemblage, est borné, comme nous le sommes, dans la plupart de nos œuvres. Il nous est facile de diviser ; il nous est pénible de reconstruire. La nature semble nous avoir soumis tous les corps existans du monde créé ; la destruction est dans nos mains, la récomposition est son secret : nos efforts

ſont le plus ſouvent infructueux, & nos ſuccès dans ce genre ne ſont que des exceptions. La méthode complette du calcul intégral feroit une révolution dans la géométrie, ſemblable à celle de l'application de l'algebre & à celle de l'invention du calcul différentiel. Au défaut de la méthode générale, on a multiplié les efforts pour obtenir plus d'exceptions ; on a employé les circuits pour paſſer à côté des obſtacles, & les approximations pour approcher de ce qu'on ne pouvoit atteindre. Avec ces nouveaux ſecours, trois Géometres, MM. Clairaut, d'Alembert & Euler, qui ont ſuccédé à Newton, ont pu, en ſuivant ſon eſprit, voir mieux & plus loin que lui. Newton n'avoit complettement réſolu que le problême de deux corps, dont l'un reſte en repos, & commande par une maſſe prépondérante ; & dont l'autre obéit, en circulant dans une ellipſe. Mais lorſqu'un troiſieme vient par une action nouvelle troubler cette obéiſſance, ce problême de trois corps, qui s'attirent mutuellement, devient très-difficile. Si le génie de Newton lui a révélé les effets les plus ſenſibles de cette complication, ſi ce grand homme a pénétré dans l'intérieur des globes pour connoître l'action particulière de leurs molécules, & les petits mouvemens qui en réſultent, il paroît n'y être parvenu que par des méthodes d'eſtimation, dont il s'eſt réſervé le ſecret. Newton, ſemblable à un conquérant qui ſubjugue un vaſte empire, n'a pu à lui ſeul en ſoumettre toutes les parties ; il a impoſé les loix, & il a laiſſé à ſes ſucceſſeurs le ſoin & le mérite de les faire partout reconnoître. MM. Clairaut, d'Alembert & Euler ont en effet réſolu ce grand problême des trois corps, qui eſt applicable à tout, qui eſt la baſe de toutes les recherches de ce genre, & qui fait la gloire & le caractère diſtinctif de notre ſiecle. Ces Géometres ſe ſont enſuite partagé les

recherches

recherches & les routes. M. d'Alembert a complettement résolu le problême de la précession des équinoxes & de la nutation de l'axe de la Terre; M. Euler a expliqué les dérangemens de Jupiter & de Saturne; M. Daniel Bernoully, le phénomène des marées. Enfin M. Clairaut a calculé comment les cometes étoient retardées ou accélérées dans leur route, & il a donné la méthode de prédire leur retour. Depuis ces travaux, M. de la Grange s'est associé à ces célebres Géometres: il est revenu sur plusieurs objets avec des forces neuves; il a déterminé de nouveau les dérangemens de Jupiter & de Saturne, les mouvemens de précession & de nutation des globes; & il a été suivi dans cette carrière par M. de la Place. M. de la Grange a encore traité une partie entiérement nouvelle, c'est la théorie des Satellites de Jupiter; il a porté la loi de Newton dans cet empire particulier, où tout se passe comme dans le grand empire du Soleil.

Tels sont nos progrès dans la connoissance de la nature. Si nous avons reconnu une Astronomie primitive, si nous avons admiré les déterminations, souvent assez précises, quelle nous a laissées, nous avons apprécié ses succès en raison des obstacles & du manque des secours dans les premiers commencemens; mais nous n'avons jamais loué que l'œuvre de la patience & du tems. L'Europe a sur cette antiquité l'avantage du génie; elle s'est procuré des moyens de progrès, en créant la géométrie. Cette science manquoit absolument aux anciens : nous n'en trouvons nulles traces dans l'Asie; elle n'a paru que dans la Grece, au tems de Platon. Nos moyens pour surpasser la science primitive, ont donc été le télescope, qui étend le domaine de nos sens; la géométrie, qui permet de tout approfondir; & le génie, qui ose tout comparer & qui s'éleve à la science des causes. Cette science est notre véritable

ſupériorité. Tous les phénomènes ſont enchaînés : le ſyſtême de nos connoiſſances eſt ordonné comme la nature ; un ſeul principe nous ſert à tout expliquer, comme un ſeul reſſort lui ſuffit pour faire tout agir.

SECONDE PARTIE.

Des Progrès futurs de l'Aſtronomie.

MAIS le terme où nous ſommes parvenus, eſt-il le dernier où nous puiſſions aſpirer ? Entouré d'obſtacles, l'eſprit humain a-t-il aſſez de force pour les renverſer ? Peut-il s'ouvrir de nouvelles routes ? Ce ſeroit completter le récit de l'Aſtronomie, que de lire ſa deſtinée dans l'avenir. Si nous oſons y porter la vue, on juge bien que nous ne nous propoſons pas de déchirer le voile du tems, ni d'eſtimer la force toujours inconnue de l'eſprit humain. Ce n'eſt pas une puiſſance qui agiſſe par des efforts conſtans & gradués, ſuivant certaines loix. Tantôt arrêtée par les difficultés, tantôt multipliée pour les vaincre, elle étonne toujours par ſon repos & par ſon action. Dans ce problême, les efforts & les obſtacles ſont également incalculables. Il ne nous appartient point d'apprécier les reſſources de la nature & les élans réſervés au génie ; mais nous pouvons eſtimer avec réſerve ſi les routes ouvertes juſqu'ici peuvent ſe prolonger encore, & ſi nos reſſources actuelles peuvent nous y conduire.

Copernic a fixé l'arrangement des corps céleſtes : Kepler a donné les loix de leurs mouvemens ; Newton en a dévoilé la cauſe & le reſſort. Ces diſpoſitions du ſyſtême du monde déterminent & circonſcrivent nos travaux & nos efforts. Nous regardons aujourd'hui l'attraction comme une propriété de la

matière ; celui qui la rameneroit à l'impulsion, feroit sans doute une belle découverte, mais elle ne changeroit rien à l'ordre & à la forme de nos recherches. L'attraction, au lieu d'être une cause, seroit un effet ; mais les effets secondaires ne dépendroient pas moins de cet effet général.

Le phénomène de l'attraction doit donc être regardé comme la base constante de toutes nos recherches. Les phénomènes présens ou futurs doivent également se ranger dans l'étendue de ses applications, le développement de cette cause simple renfermera tous les phénomènes actuels, & annoncera les phénomènes à venir. Il faut considérer ce hardi systême de Newton comme un magnifique tableau de la nature, où ce puissant génie a dessiné à grands traits les formes principales, en laissant à ses successeurs la gloire de détailler ces formes esquissées, de remplir les vides, & d'ajouter la ressemblance de toutes les parties à la vérité de l'ensemble.

Nos connoissances ne peuvent s'étendre que par la succession des observations, ou par les progrès de la théorie. L'observation présente ou des phénomènes isolés, ou des phénomènes enchaînés par un résultat commun. Quant aux phénomènes considérés seuls, & en eux-mêmes, nous ne pouvons prévoir ceux que l'avenir nous réserve, que le hasard peut nous offrir, & qui seroient semblables à ceux de l'astre singulier, comete ou planete, qui occupe maintenant les Astronômes. Nous ne pouvons même parcourir en détail les phénomènes connus, & dire, en arrêtant notre vue sur chacun en particulier, ce que l'on peut y voir un jour. Cette considération demanderoit un tems qui nous manque, une supériorité que nous n'avons point, & peut-être encore des circonstances que le tems amene & que saisit le génie.

Nous ne pouvons qu'indiquer les routes qui ne semblent

pas entiérement parcourues ; & d'abord il s'en présente une où il reste beaucoup de chemin à faire, c'est la théorie des cometes. Chaque année en offre de nouvelles ; cette partie de nos recherches semble donc sans bornes. Sur soixante & quatre cometes qui ont été observées, & dont on a déterminé l'orbite & le mouvement, il n'y en a que quatre dont les révolutions soient connues & soupçonnées. Peut-être qu'une méthode analytique & exacte, comme celle de M. du Séjour, permettra de les mieux connoître, de les mieux comparer avec les observations, de discerner celles de ces cometes à qui une orbite parabolique peut suffire, & celles qui demanderoient une ellipse, en laissant soupçonner la période de leurs révolutions. Voilà un premier champ ouvert à la nouvelle génération dévouée à l'Astronomie.

Les satellites des planetes en offrent un second encore assez fertile. Quoique les satellites de Jupiter aient été constamment observés, leurs mouvemens calculés depuis plus d'un siecle, & en dernier lieu par MM. Maraldi & Wargentin, on peut dire que le mouvement du premier satellite est le seul qui soit bien connu ; celui du second offre encore de grandes irrégularités : & en ayant égard aux inégalités propres du mouvement, au changement des nœuds & des inclinaisons, aux variations qui en résultent sur la durée des éclipses, aux différences optiques qui affectent ces éclipses, on peut dire qu'il reste quelque chose à faire dans la théorie des deux premiers satellites, & que celle des deux derniers n'est qu'ébauchée.

La thorie des satellites de Saturne est toute neuve. On connoît leurs moyens mouvemens, on leur a soupçonné des inégalités qui n'ont pas été vérifiées. Cet abandon vient de

la difficulté de les observer; ils ne sont tous visibles que par de très-fortes lunettes. Ces lunettes étoient jadis grandes & embarrassantes. Les observations qu'il faut répéter, ont besoin de plus de facilité; mais les verres achromatiques ayant augmenté la force des courtes lunettes, & pouvant l'augmenter encore, il viendra peut-être un tems où cette carrière s'ouvrira devant les jeunes Astronômes.

Un objet de recherches commencées il y a une infinité de siecles, & qui n'est pas rempli, c'est la description du ciel & la nomenclature des étoiles. Hypparque & Ptolémée en avoient compté mille, dont les positions furent consignées dans un Catalogue. Flamsteed a augmenté considérablement cette nomenclature; mais les Astronômes savent qu'ils apperçoivent tous les jours dans leurs lunettes beaucoup d'étoiles, qui ne sont point dans les Catalogues. Les cometes traversent souvent des parties du ciel qui n'ont pas été décrites, & rencontrent des étoiles dont la plupart sont inconnues. Flamsteed n'a donné que trois mille étoiles à la partie boréale du ciel; M. de la Caille en a trouvé dix mille dans la partie australe. L'hémisphère qui nous est visible, doit être aussi riche que l'autre; il en résulte que nous ne connoissons pas la moitié des astres qu'il renferme, même sans y comprendre ceux dont la petitesse échappe à l'observation. La description générale du ciel est donc encore un ouvrage à faire; elle demande un observateur zélé. Si les horizons de Paris & de Londres, souvent couverts de nuages, ne laissent point assez de suite aux observations pour cette vaste entreprise, la France méridionale offre un ciel plus serein & de plus belles nuits. Le projet de M. de la Caille étoit de s'y transporter, pour achever la description qu'il avoit commencée à l'extrémité du monde. Il aura sans doute quelque imitateur, qui héritera de

son zele & qui remplira son projet. Cet objet utile mériteroit les soins & la dépense du Gouvernement. Il est de la gloire de la France de finir, après deux mille ans, l'ouvrage ébauché en Egypte sous les Ptolémée, & de donner enfin aux hommes la carte détaillée des régions du ciel qu'ils ont sans cesse sous les yeux.

Quelques-unes de ces étoiles offrent deux phénomènes qui demandent d'être approfondis ; le premier est celui de leur mouvement propre. Les petites étoiles en ont-elles un comme les grandes ? Toutes les étoiles en ont-elles ? La réponse à ces deux questions demande les travaux de beaucoup d'hommes & de beaucoup de siecles. Le second phénomène est celui de la disparition périodique de quelques étoiles. Il est intéressant de déterminer ces périodes, d'examiner ou leur constance, ou leur variation. On pourroit même s'assurer si, comme on le suppose, ces disparitions tiennent à l'obscurité d'une partie de leur globe. On en tireroit des conclusions intéressantes sur la nature des soleils & des corps essentiellement lumineux ; il suffiroit de mesurer fréquemment la quantité de la lumière de ces étoiles (*a*). Supposons que par une première mesure, on ait trouvé qu'en réduisant cette lumière à une centieme partie, elle cesse d'être sensible ; qu'ensuite, par une seconde mesure faite dans un autre tems, on trouve que cette lumière

---

(*a*) On peut mesurer la lumière des étoiles, comme nous avons mesuré celle des satellites de Jupiter, (Bailly, *Mém. de l'Acad. des Scien.* 1771). Nous avons depuis fait construire un instrument composé de deux volets de cuivre, qui s'approchent l'un de l'autre, tous deux mus par la même vis. Cet instrument placé devant l'objectif, peut diminuer à volonté l'ouverture, & d'une quantité qu'il est aisé de mesurer, au moyen d'une division appliquée à l'instrument. Comme la lumière des étoiles est très-vive & difficile à éteindre, nous avons reconnu qu'il faut l'affoiblir, en plaçant devant l'objectif un verre plus ou moins coloré, ou toute autre chose qui intercepte une partie de la lumière. Les rapports n'en seront point altérés, quand on employera le même moyen pour toutes les étoiles.

devient insensible, lorsqu'elle est réduite à un cinquantieme; on en concluroit que dans l'intervalle des deux observations, cette lumière a diminué de moitié; &, comme il est démontré que cette grande diminution ne pourroit tenir à aucun changement de distance, on en pourroit inférer que dans le premier cas, l'étoile offroit un disque entiérement lumineux, & que dans le second, une moitié seulement de ce disque étoit lumineuse & l'autre obscure. Nous ne disons point combien on pourroit varier ces observations; il est aisé de l'imaginer.

On pourroit mesurer ainsi la lumière de toutes les étoiles; ces mesures fourniroient un moyen de les classer plus exactement que par les caractères toujours incertains de leur grandeur apparente: & dans l'entreprise d'un Catalogue universel, ces mesures seroient placées à côté des positions des étoiles. Nous présumons qu'il sera possible de comparer leur lumière à celle du Soleil, soit par un moyen direct qui sera découvert, soit par une observation intermédiaire. On a déjà le rapport de la lumière de la Lune à celle du Soleil. La lumière des étoiles peut être facilement comparée à celle des satellites de Jupiter; il ne s'agiroit plus que de comparer ces satellites à la lune, & l'on auroit les proportions de la lumière directe ou réfléchie de tous les corps de l'univers. A ces expériences faites sur la lumière en masse, on pourroit en ajouter de semblables sur les rayons qui la composent (*a*).

(*a*) On pourroit tenter cette expérience avec des verres différemment colorés, en rouge, en violet, en verd, en jaune, tous de même grandeur, éclairés par derrière, & placés à une assez grande distance pour être vus dans une lunette comme des points lumineux & colorés. Alors, au moyen de la méthode que nous avons proposée dans les Mémoires de l'Académie pour 1771, on diminueroit l'ouverture de la lunette, jusqu'à ce que les points lumineux devinssent invisibles; & ces expériences comparées donneroient les rapports d'intensité des différentes couleurs.

La lumière de quelques étoiles est colorée; cette couleur peut produire des phénomènes qu'il est utile de connoître. M. du Séjour soupçonne que la réfraction des étoiles pourroit en être altérée. Ce phénomène délicat & très-difficile à saisir, seroit infiniment curieux.

Ces mesures pourroient encore s'étendre au cinquieme satellite de Saturne, qui disparoît dans une partie de son orbite, & à l'anneau même qu'on perd de vue lorsque l'on ne le voit plus que par son épaisseur. On pourroit déterminer quelles seroient les lunettes qu'il faut employer pour voir toujours ce satellite, & pour ne perdre l'anneau de vue que dans les cas où nous sommes au-dessous de sa partie éclairée. On pourroit ainsi estimer l'épaisseur de cet anneau, en comparant la lumière de sa surface à celle de son épaisseur; & puisque l'étendue de cette surface est connue, celle de l'épaisseur le seroit également.

Si les lunettes se perfectionnent, si leur force est considérablement augmentée, on décidera la question de la rotation de Vénus. On découvrira celle de Saturne, & peut-être celle de Mercure même; on fixera les loix de cette rotation déjà soupçonnée par MM. de Mairan & de Goinpi (*a*). Il est possible que les mêmes causes qui ont donné le mouvement à l'univers, en assujettissant les révolutions périodiques à des loix générales, aient enchaîné les révolutions diurnes par des loix semblables. Une autre recherche importante est celle qui auroit pour objet la figure de la terre, & la dissimilitude ou la ressemblance de ses méridiens; mais cette recherche dépend d'opérations qui ne peuvent être que l'ouvrage des Princes &

(*a*) Mairan, Mém. de l'Acad. des Scien. 1729, p. 41. M. le Chevalier de Goinpi, Journal des Sav. Janvier 1769.

des

des Gouvernemens. L'histoire en indique l'utilité ; c'est aux Puissances à en ordonner l'exécution.

Quant aux phénomènes, aux observations qui ont besoin d'être réunies pour établir par leur concours certains résultats, tels que le moyen mouvement des planetes, la grandeur de leurs orbites, leur excentricité, le mouvement des nœuds & des apsides, l'angle d'inclinaison des orbites, ces déterminations ont été commencées il y a plus de deux mille ans ; chaque siecle, chaque observation particulière les perfectionnent, & comme tout paroît destiné à changer dans la nature, comme le mouvement des corps célestes & de leurs orbes paroît susceptible d'altération, ou du moins de variation, il y a du travail pour toutes les générations ; & ce sera l'ouvrage de la durée. Le mouvement des apsides & des nœuds de certaines planetes, la variation de leurs inclinaisons & de l'inclinaison de quelques satellites, l'accélération du moyen mouvement, & la question des équations séculaires ou périodiques, ou toujours croissantes, demandent des siecles pour être complettement déterminés.

Ainsi, à l'exception de quelques objets particuliers, plus ou moins difficiles & plus ou moins praticables, les travaux actuels de l'Astronomie consistent à revenir sur les déterminations anciennes, à les rechercher, pour ainsi-dire, comme un artiste qui polit son ouvrage, ou à attendre du tems l'occasion d'avancer par quelques progrès ; mais ce tems vient avec une lenteur qui nous décourage. On ne fait plus que de petits pas dans cette route, où on a été accoutumé d'en faire de grands ; il est même des intervalles & des repos involontaires. Le génie peut être rebuté de cette marche lente, ou s'endormir dans une inaction forcée. L'homme, qui vit peu, ne réussit à imiter la nature qu'en épargnant le tems qui lui

manque ſans ceſſe ; il faut qu'il la réduiſe, qu'il s'en faſſe un tableau abrégé, tant pour l'eſpace que pour la durée : il a toujours beſoin de comparer ce qu'il a penſé à ce que la nature a fait, ou à ce qu'elle doit faire. Mais cette comparaiſon devient de jour en jour plus vaſte, elle fatigue par ſon étendue, & ſurcharge par ſa complication. Il n'y a point de recherche aſtronomique, qui ne néceſſite aujourd'hui une infinité de calculs pénibles. L'eſprit les compare pour en tirer des réſultats ; mais dans les calculs même, l'eſprit n'a rien à faire. Il faut donc que la patience commence l'ouvrage du génie : alors on peſe le ſuccès avec la peine, & les travaux qu'il doit coûter ; s'il eſt incertain, on y renonce ; un ſuccès manqué empêche d'en tenter un autre. Les hommes ſont doués de facultés différentes : les uns naiſſent patiens, & pour le travail ; ils marchent dans cette route obſcure avec conſtance ; ils avancent peu ſans ſe décourager. Les autres, qui ont reçu le génie, ont une ardeur qui a beſoin d'être entretenue par les ſuccès. Lorſque le génie ne peut rien ſans la conſtance des longs travaux, lorſqu'il faut réunir ces deux qualités que la nature a preſque toujours ſéparées, la ſcience n'a plus que de foibles progrès, & peut même devenir ſtationnaire. Les hommes qui ont des vues, négligent de les vérifier ; & ceux qui n'ont point de vues, naiſſent & meurent à peu-près à la même place. La conſidération des cauſes a le même inconvénient & les mêmes difficultés. Tous les grands problêmes ont été réſolus, ou par Newton, ou par ſes ſucceſſeurs. Si dans pluſieurs de ces problêmes on n'a obtenu que des ſolutions approchées, elles ſont l'ouvrage des Géometres les plus habiles ; & on eſt forcé d'en conclure que les ſolutions rigoureuſes ſont impoſſibles, du moins avec les moyens préſens. Tant que ces moyens ne changeront pas, nous ne pouvons

pas eſpérer mieux. Les méthodes d'approximation ont pu être ſuffiſantes dans les grandes recherches, quand il fallu calculer & ſommer des effets particuliers pour en compoſer un effet conſidérable, & repréſenter un phénomène très-ſenſible, tel que le dérangement de la Lune, le mouvement de ſes nœuds & de ſes apſides, les perturbations de Saturne, de Jupiter & de ſes ſatellites, la préceſſion des équinoxes, &c. La théorie ſe trouve aſſez d'accord avec l'obſervation ſur la quantité de chacun de ces phénomènes, parce que la cauſe eſt vraie, & que la méthode tend à déterminer ces effets. Mais la méthode approche ſans atteindre, il y a toujours une diſtance entre le réſultat & la vérité. Quelque petite que ſoit cette diſtance, ſi la quantité cherchée eſt elle-même très-petite, elle peut ſe trouver dans ces limites, & hors de notre portée. C'eſt ce qui nous arrive peut-être, lorſque nous deſcendons dans les détails des choſes, lorſque nous eſtimons une force élémentaire, d'où réſulte un leger effet qui ne peut devenir ſenſible que par l'accumulation. Les dérangemens de Jupiter & de Saturne en ſont un exemple. Ce petit effet a pu ſe perdre dans les quantités négligées; il reſſemble à ces corpuſcules que la vue diſtingue à peine, & que nos inſtrumens groſſiers ne peuvent ſaiſir. La néceſſité de les manier demande un nouvel inſtrument, un inſtrument dont la ſenſibilité réponde à la ténuité de ces corpuſcules, & dont les pointes ſubtiles puiſſent embraſſer leur petiteſſe.

Dans l'état actuel où eſt l'Aſtronomie, ſous un ciel où preſque tout eſt connu, nous ne ſerons bientôt plus que les témoins des phénomènes périodiques que le tems ramene & renouvelle ſans ceſſe; & ſi l'amour de la ſcience ſubſiſte, ſi nous ſommes aſſez conſtans pour les ſuivre, chaque ſiecle ajoutera un petit degré de perfection aux connoiſſances acquiſes, &

l'Aſtronomie ſuivra lentement la nature, en l'approchant ſans ceſſe, comme ces lignes aſſymptotiques, qui ſerrent toujours une courbe de plus en plus près, ſans jamais la toucher. On ne peut rendre à l'Aſtronomie des progrès rapides que par une révolution dans ſes moyens & dans ſes méthodes. Ces nouveaux moyens, ces nouvelles méthodes changeront, pour ainſi-dire, la nature, en la préſentant ſous un nouvel aſpect, en mettant à portée de voir plus loin & plus profondément. Il faudroit que l'Aſtronomie devînt une ſcience neuve; la nouveauté produit la curioſité, & le génie s'anime par la facilité des découvertes. C'eſt cette facilité qui tourne tous les eſprits vers les ſciences encore peu cultivées; la curioſité & l'amour de la gloire y trouvent l'aliment qui leur eſt néceſſaire. De-là cette eſpece de mode que les ſciences éprouvent comme toutes les choſes humaines. Les gens de génie s'y portent, parce qu'ils y trouvent des ſuccès; les gens du monde s'en occupent, parce qu'ils ſont avides des connoiſſances nouvelles. L'Aſtronomie devenue plus intéreſſante par les vues de Galilée, de Dominique Caſſini, de Halley, fut la ſcience du dernier ſiecle. Au milieu de celui-ci, les applications brillantes du principe de Newton, firent prendre un nouvel eſſor à la géométrie.

La révolution que nous demandons ne peut avoir lieu que dans les inſtrumens; car ſi nous ne changeons point d'organes, nous verrons toujours la nature comme nous l'avons vue. Il faut demander au tems & au génie une méthode générale d'intégration, un autre procédé de calcul qui nous débarraſſe des approximations, ou qui du moins les rende & plus ſûres pour ne point laiſſer de doute, & plus ſubtiles pour qu'elles puiſſent aller plus loin. Les nôtres ſemblent avoir fait tout ce qu'elles peuvent faire; aujourd'hui nous n'avons plus

à chercher que de petites quantités qu'il faut atteindre avec les mêmes moyens, qui ont réussi pour des quantités plus sensibles. Des obstacles, les erreurs se multiplient, les difficultés de calcul hérissent chaque question, & la solution peut se perdre dans leur incertitude.

Quant aux instrumens de l'Astronomie pratique, ceux de la mesure du tems ne paroissent pas susceptibles d'être sensiblement perfectionnés. Le pendule marque l'intervalle d'une seconde, l'oreille partage facilement cet intervalle en deux parties ; mais une portion de la durée, plus petite qu'une demi-seconde, ne seroit point saisie par l'organe. Les instrumens pour mesurer l'espace, sont également portés à une grande perfection, ou du moins les legères améliorations qu'ils peuvent recevoir, ne changeront point l'état des choses. Mais nous voyons dans certaines mesures astronomiques, faites pour concourir ensemble, un défaut de correspondance & d'égalité, qui peut être dénoncé à l'esprit inventeur. Quand l'Astronomie veut déterminer la position d'un astre dans le ciel, elle y atteint en mesurant la déclinaison & l'ascension droite de cet astre. La déclinaison est mesurée par un quart de cercle qui ne comporte qu'une erreur de deux à trois secondes de degré ; l'ascension droite est obtenue par la comparaison des tems (*a*) : il en peut résulter une erreur d'une seconde, qui répond à quinze secondes de degré. La première mesure a une précision cinq fois plus grande que la seconde. Il faudroit donc, pour l'avantage de l'Astronomie, que le second moyen montât au niveau du premier. L'emploi du tems, dans les mesures astronomiques, a fait une première révolution dans

(*a*) *Suprà*, Tome II, p. 293.

la ſcience, peut-être que pour en obtenir une ſeconde également utile, il faudroit l'en bannir aujourd'hui ; c'eſt au génie à en trouver les moyens. Qui ſait ſi avec des inſtrumens tels que les nôtres, il ne ſeroit pas avantageux de revenir à la meſure des diſtances aux étoiles, comme on le pratiquoit jadis, ou à des cercles entiers d'airain, à de grandes armilles garnies de lunettes, de micrometres, de limbes parfaitement bien diviſés, & où l'on auroit directement, par des moyens ſemblables & égaux, l'aſcenſion droite & la déclinaiſon.

Le téleſcope peut lui ſeul opérer une révolution & un grand progrès dans nos connoiſſances. Lorſqu'il a été découvert, il a prolongé notre vue à une diſtance immenſe, & nous a tranſportés dans des mondes nouveaux ; nous avons vu tout ce qui eſt compris dans les limites de la puiſſance de cet inſtrument. Mais l'univers a d'autres eſpaces, & en doublant de toutes parts, dans la ſphère qui nous entoure, la puiſſance de cet inſtrument, nous augmenterons huit fois les domaines de l'organe de la vue. Les verres achromatiques nous permettent cette eſpérance ; il ne s'agit que d'atteindre la perfection dont ils ſont ſuſceptibles. L'Aſtronomie demande qu'on encourage les Chimiſtes à découvrir le ſecret du flint-glass, & les artiſtes à travailler de grands verres. L'aſtre, qui nous occupe maintenant, cet aſtre qui eſt peut-être une planete, ſemble nous indiquer que Saturne n'eſt pas la dernière de notre ſyſtême ; il y en a peut-être beaucoup d'autres, ou juſqu'à préſent inviſibles, ou juſqu'à préſent confondues avec les étoiles fixes. Il peut réſulter de cette perfection du téleſcope, un aggrandiſſement du ſyſtême ſolaire, une confirmation des loix connues, peut-être de nouvelles loix & de nouveaux phénomènes, enfin des travaux & des ſuccès pour l'eſprit humain.

Pour nous, qui avons conduit ſon hiſtoire juſqu'à nos jours, nous nous eſtimerons heureux, ſi nous avons bien ſaiſi ſa marche, ſi nous avons été clairs dans l'expoſition de ſes principes, fidelles dans l'attribution des découvertes à leurs véritables auteurs, & ſi envers nos contemporains nous avons été auſſi exempts de prévention, & auſſi juſtes que nous deſirions de l'être.

TABLE
DES DISCOURS
CONTENUS DANS CE VOLUME.

DISCOURS I. *Des nouveaux Progrès de l'Astronomie*, page 1.

II. *Suite des Progrès de l'Astronomie*, 57.

III. *Des Progrès de la Géométrie, & de son influence sur l'Astronomie*, 134.

IV. *Conjectures & Opinions physiques*, 213.

V. *Des Constellations & des Signes du Zodiaque*, 271.

VI. *Résumé général*, 315.

TABLE GÉNÉRALE

DES MATIERES

Pour les quatre volumes de l'Histoire de l'Astronomie ancienne & moderne.

La lettre A *indique l'Astronomie ancienne, la lettre* M *l'Astronomie moderne, le chiffre romain le volume, & le chiffre arabe la page.*

A

Abbas, M. I. 158.
Abdalla, M. I. 583.
Aben Ezra, M. I. 600.
Aben Ragel, M. I. 603.
Aberration des étoiles, M. II. 670.
Aberration de réfrangibilité, ou Iris, M. II. 254. Obstacle à la perfection des lunettes, 558. Détruite par les verres achromatiques, III. 118. Théorie de M. Clairaut, *ibid.*, de M. d'Alembert, *ibid.*
Aberration de sphéricité dans les lunettes; Descartes propose de la détruire par des verres hyperboliques, M. II, 199.
Abu Hamed, *Saganiensis*, M. I. 599.
Abubater, M. I. 599.
Abu Joaffer Alchazan, M. I. 599.
Abulfadus, M. I. 599.
Abulfeda, Géographe Arabe, M. I. 147, 603.
Abul Raffi Albuziani, M. I. 599.
Abultibus, M. I. 580.
Académies, leur utilité, M. II. 249. Celles de Londres & de Paris, 251. Leurs travaux, 337. Différentes Académies en Europe, 678.
Accélération de la chûte des corps, M. II. 78. Loix soupçonnées par M. Varro, *ibid.*, découvertes par Galilée, 80.
Achilles Tatius. M. I. 207, 447, 573.
Achromatiques, *voyez* Verres.
Adonis, A. 104, 325. Sa fête se trouve en Suede, M. I. 292.

Adraste, M. I. 472.
Aduar (période) M. I. 585.
Age; les quatre âges des Indiens, A. 108. Le dernier est une époque chronologique & astronomique, *ibid.*
Agelet, M. III. 133.
Agrippa, M. I. 134, 503.
Ahmed, M. I. 580.
Ahmed al Merouzi, M. I. 586.
Ailli (Pierre d') M. I. 390.
Aimans; les globes sont des aimans, suivant quelques philosophes, M. II. 61.
Aires, proportionnelles au tems. Première loi de Kepler, M. I. 68. Albert Curtius les adopte le premier, 144. Mais il place l'uniformité dans un des foyers, *ibid.*
Akuar (période) M. I. 585.
Albategnius, Astronôme Arabe, M. I. 228, 592.
Albert Curtius, M. II. 144.
Albert le Grand, M. I. 302.
Alboazen, M. I. 603.
Albumazar, M. I. 224, 583; M. II. 236.
Alcabitius, M. I. 603.
Al Calathi, M. I. 606.
Al Calvini, M. I. 606.
Alembert (d'), M. II. 525, 558, 566. Sa théorie de la figure de la terre, III. 46. Des verres achromatiques, 118. Resout le problême des trois corps, 141, 153, 156. Sa solution du problême de la précession des équinoxes, 157. Ses recherches sur les vents, 162; sur les mouvemens de l'axe de la lune, 166; sur les cometes, 194. Cité, 204, 226.
Alexandre d'Ephèse, M. I. [illegible].
Alexandrie, Ecole, commence avec Aristille & Tymocharis, M. I. 8. Sa gloire finit avec Ptolémée, 206. L'Evêque de cette ville regle la Pâque, 208. Détruite par les Arabes, 211. Sa position déterminée par Chazelles, II. 353.
Alfakr, M. I. 606.
Alfergan, Astronôme Arabe, M. I, 226, 580, 585.
Alhazen, M. I. 237, 600.
Alidade, premier & le plus ingénieux des instrumens, M. I. 54. Alidade double, origine du quart de cercle, 55.
Ali Kusgius, M. I. 610.
Alis, M. I. 580.
Allemagne, l'Astronomie européenne y commence, M. I. 308.
Alignemens; méthode des alignemens; la première qu'on employa pour observer le lieu des astres, M. I. 9. Waltherus s'en sert, 320.
Almageste, ouvrage de Ptolémée, a contribué à faire disparoître les ouvrages plus anciens, M. I. 12, 170, 565.
Almagrebi, M. I. 606.
Almamon, Calife, M. I. 220. Restaurateur de l'Astronomie chez les Arabes, 221, 587.
Almanzor, Calife, M. I. 220.

Almaraghi, M. I. 606.
Almeon, ou Almanzor, M. I. 602.
Almoïada, M. I, 600.
Aloisius Lillius, M. I. 391.
Alpetragius, M. I. 242.
Alphonse X, M. I. 298. Sa fin, 301.
Alsuphi, M. I. 259, 596.
Altorf; son observatoire, M. II. 208.
Amérique, entiérement ignorante en Astronomie, M. I. 285. Elle conserve cependant quelques traits de ressemblance avec l'ancien mo ne. Elle y tient peut-être par le nord & a pu recevoir par là ce peu de lumière, 288.
Amort (Eusebe) M. II. 651.
Anatolius, regle la Pâques, M. 208, 570.
Anaxagore, accusé de s'être approprié des opinions anciennes, A. 205.
Anaximandre, A. 197, 442. Inventeur des cartes géographiques, 198.
Anaximènes, A. 200.
Anciens, avoient peu de communication les uns avec les autres. A. 134. *Voyez* Communication.
Andromaque de Crete, M. I. 503.
Andrujager, M. I. 579.
Anneau de Saturne, apperçu comme des anses par Galilée, M. II. 92. Comme deux globes par Hévélius, 225. Reconnu par Huyghens, 228. Deux causes pour sa disparition, 234. Observé, 391. Ses dimensions, 400. Sa duplication, 402. On croit qu'il est composé de satellites, 405. Observé par Maraldi, 585. Ses anses ne sont pas dans le même plan, *ibid.* Ses nœuds déterminés, *ibid.* Maraldi trouve une troisieme cause de sa disparition, 586. Points lumineux vus dans les anses, 587. Théorie de M. du Séjour, III. 200. Explication de sa formation par M. de Maupertuis, 216, par MM. de Mairan & de Buffon, 217. Il est composé de plusieurs zones, 218, doit avoir une rotation 219. Moyen de mesurer sa lumière, 336.
Année, révolution, A. 9. Les différentes especes d'années sont la cause des différences des chronologies. Diverses sortes d'années en usage en Egypte & ailleurs, 158; de six mois au Chamchatka, 103, 325; à la Chine, 343; en Grece, 420. De quatre mois; leur origine supposée, 104, 159, 325, 420. De trois mois inventée par Horus, 159, 397, 522. De deux mois en Egypte, 158; en Arabie, M. I. 216; au Mexique, 288; en Chine, 626. De vingt-huit jours, A. 295. D'un jour, 144, 295, 273. D'une nuit, 295. De quart de jour & de plus petites divisions du tems, 296.
Année bissextile, aux Indes, A. 113; à la Chine, 349.
Année civile, vague en Egypte, A. 162. L'année religieuse & l'année rurale produisent la période sothique, 163. De 360 jours en Egypte,

161, 399. En Grece, 192, 432. continuée encore après le cycle de Méthon, 452. Année olympique, 193, 434. De dix mois chez les Romains, 194, 435; & au Chamchatka, *ibid.* Commence chez les Chinois au solstice d'hiver, 123, 347, 521; M. I. 618; & chez les Grecs, A. 442; dans l'île de Zea, au lever de la Canicule, 435; en Béotie, au lever des Pléïades, 478. Sa réformation par Solon, 193; par Numa, 194; par Philolaüs, 220; par Œnopide, 221; par Cléostrate, 223; par Harpalus, 224; par Méthon, *ibid.*; par César, M. I. 127. année de quatre cent quarante-cinq jours, M. I. 494. Fin de l'année vague des Egyptiens, 499.

Année lunaire de douze mois, A. 33. Connue avant le déluge, 64, 307. En Grece, 189; en Italie, 194, 436. En Egypte, 397. En Arabie, M. I. 216.

Année sidérale, connue aux Indes, A. 110. A Babylone, 392. D'Aristarque, 449; de Thébit, M. I. 227; 591; d'Ulug-Beg, 612; des Siamois, 614.

Année solaire, A. 35. Partagée en quatre saisons, 45. Connue avant le déluge, 64, 307. Déduite de la période de six cens ans, 66. Connue très-exactement des Indiens, 111. Ancienne à Babylone, 132; en Chaldée, 149; en Egypte, 162; En Suede, 344; en Italie, 194, 436. Connue très-exactement des Perses modernes, M. I. 250. Déduite par nous de la grande année d'Aristarque, 449; & de la période de six cens ans, 451. Comment déterminée par Hypparque, 85, 469. Successivement perfectionnée à la Chine, 616, 618, 635.

Année, sa diminution soupçonnée par les anciens, A. 219. Paroît être prouvée par le fait, 313. Soupçonnée par Hypparque, M. I. 471; par Copernic, 356; par M. Euler, & par nous, III. 234. A pu être altérée par une comete, 243.

Année (grande), A. 66. *Voyez* aussi Période. Ce que c'étoit que les grandes années des anciens, 251. Servoient à l'Astrologie naturelle & à l'Astrologie judiciaire, 265, 271.

Anses. *Voyez* Anneau.

Antérieur, peuple; presque toutes les connoissances astronomiques de l'antiquité lui appartiennent, A. 62. Il est sans doute l'auteur de toutes les connoissances détaillées dans le troisieme livre, & qui ont été acquises avant l'époque du déluge, *ibid.* Preuves; 1°. les planetes qui président aux jours de la semaine, sont placées dans le même ordre chez tous les anciens peuples connus, *ibid.* 2°. Intercallation d'un jour tous les quatre ans, 69, 113, 349. 3°. La division sexagésimale, 70. 4°. Les deux divisions du zodiaque, 72

5°. La connoissance du mouvement des étoiles en longitude, 76. La mesure de la terre, 77. M. I. 155, 158 [illegible], &c. 6°. L'usage d'orienter les bâtimens, A. 81. Les usages & les superstitions, 84. Les mesures itinéraires, 85. M. I. 153 & suiv. 7°. La musique, A. 85. 8°. Le vrai systême du monde, 86. 9°. Le mouvement de la terre, 116. M. I. 23. 10°. Par l'accord des chronologies, A. 295. 11°. par l'usage universel des périodes de douze, de dix-neuf, de soixante, de six cens ans, &c. 12°. Par la distance infinie des étoiles, enseignée par Aristarque, M. I. 24; par la distance mesurée du soleil, 40 & 100; par les observations perdues, 84; par l'opinion du retour des cometes, 132; par l'ensemble des mesures anciennes, 153; par la communication de ces mesures, 160. Ce qu'il faut pour juger notre opinion sur ce peuple, 162. On ne fait point de tort aux modernes, 163. Les Tables des Indiens, des Siamois, des Perses, témoignent pour l'Astronomie de ce peuple, 253. Connoissance du mouvement de la terre chez les Grecs, les Indiens & les Chinois, vient évidemment du peuple antérieur, 272. On en doit dire autant de la mesure de la terre & de l'inégalité des degrés, connues à la Chine, 274. Tous les différens procédés astronomiques de l'Inde, de la Chine, de Perse, de Siam qui ne se ressemblent point, prouvent que les lumières de ce peuple ont été grandes, 284. La manière dont le vrai systême du monde a été conçu par Copernic, montre comment il a dû être imaginé par les anciens, 364. Ce peuple a été soupçonné par un philosophe, 317, prouvé par l'opinion du retour des cometes, II. 310.

Antheaume, M. III, 118.

Antiborée, espece de cadran, M. I. 75.

Antigonate, espece de cadran, M. I. 75.

Antinoüs, constellation de Ptolémée, M. I. 199.

Antipodes annoncées par Pythagore, A. 217.

Antiquité de l'Astronomie, A. III. 79.

Antiquité des peuples, marquée par un nombre prodigieux d'années; quelle en est la source, A. 90. On peut ramener ces nombres prodigieux à des nombres vraisemblables, 9, 295 & suiv.

Antonio (don) de Alzate, M. III. 132.

Aphélie, M. II. 292; méthode de J. Cassini, 584.

Aphrodisius, A. 467.

Apia, nom de la terre, A. 326.

Apogée du soleil, connu des Indiens, A. 334. Son mouvement découvert

par Albategnius, M. I. 229, 595. Méthode de D. Cassini pour déterminer sa position, II, 315. Louville nie ce mouvement, 633.

Apogée de la lune & son mouvement connu en Chaldée, M. I. 140. La théorie enseigne qu'il doit se mouvoir, M. II. 507, *voyez* apsides. Elle ne semble d'abord donner que la moitié du mouvement, III. 150. Elle le donne tout entier, 154.

Apollinaris, M. I. 476.

Apollonius de Perge, Géometre Grec, M. I. 145, 462.

Apollonius Mindien, A. 248, 466.

Apparitions des planetes, ce que c'est, A. 55. Observées en Chaldée, 143.

Appian, M. I. 366; M. II. 634.

Appien, M. I. 385.

Applatissement de Jupiter, M. II. 327; de la Terre, annoncé par Newton & par Huyghens, M. II. 512. Observations contraires en France, 637. Burnet explique l'applatissement supposé à l'équateur, 639. M. de Mairan veut tout concilier, 641. Desaguilliers attaque la conciliation, 642. Applatissement conclu de la mesure des degrés, III. 33, 39. Il paroît n'être que de $\frac{1}{300}$e, 50. Des planetes, 53; du soleil 55.

Approximation, esprit de ces méthodes, M. III. 147. Leur défaut, 149. Perfectionnées, 156. Doutes sur ces méthodes, 245, 250.

Apsides, la ligne des apsides des planetes passe par le centre du soleil, M. II. 74. Immobiles suivant Newton, 502. Celles de la lune prouvent par leur mouvement la réciprocité de l'attraction, *ibid.* Ce mouvement naît de la théorie, 507. Celles des planetes paroissent se mouvoir, 582. Celles des satellites se meuvent, III. 67. Les apsides de toutes les orbites sont en mouvement, 171.

Arabe. L'étude de cette langue seroit nécessaire à un Astronôme, A 143. Antiquité de ces peuples, M. I. 214. Ils adoroient les astres, 215. Ont observé les levers & les couchers des étoiles, *ibid.* Heureusement placés pour s'éclairer, 218. Jugés, 246. Leurs ouvrages cités par d'Herbelot, 604. Leurs manuscrits, 644, 645.

Aranea, espece de cadran. M. I. 70.

Aratus, poëte de l'Astronomie, M. I. 13. Son ouvrage, 14, 446. A copié Eudoxe, 446.

Archelaüs, A. 206.

Archimede, Géometre & Astronôme Grec, M. I. 44.

Arctique, cercle, ce que c'est, M. I. 490.

Arcy (le Chevalier d') M. II. 525.

Argonautes, leur voyage a commencé à éclairer la Grece, A. 185, 189.

Aristarque, Astronôme Grec, M. I. 15. Le premier suivit un plan pour les progrès de l'Astronomie, 16. Sa grande année, 449. Son ouvrage, 458.

Aristarque, tache de la lune, M. II. 387.

Ariſtille, Aſtronôme Grec, M. I. 8. Ses ouvrages ſont perdus, 12.
Ariſtophane de Bizance, M. I. 446.
Ariſtote, A. 244, 462.
Armilles, cercles de cuivre, eſpece de ſphère, leur invention, A. 41. En uſage à la Chine, 120; chez les Chaldéens, 150. Renouvelées à Alexandrie, M. I. 12; ſans doute par Eratoſthenes, 33. Le nom fut donné à Alexandrie, 57. Manière d'obſerver avec les armilles, 59. Leur néceſſité pour les anciennes obſervations, 444.
Arpent, meſure connue à la Chine, M. I. 524.
Arquier (d') M. III, 133.
Arretes Dirrachinus, A. 468.
Artemidore, A. 467.
Arzachel, Aſtronôme Arabe, M. I. 235, 599.
Aſcenſion, droite, ce que c'eſt, M. I. 11. Meſurée par les tems & par les horloges, 375. Tycho s'en ſervoit pour connoître le tems, 400. Méthode de l'obſerver, II. 293.
Aſie, *voyez* Orientaux.
Aſpareze, *voyez* Stade.
Aſtres; leur mouvement journalier apparent fut le premier connu, A. 24. Se mouvoient dans des vaiſſeaux, ſelon les anciens, 139. Selon Anaxagore, ils ont eu d'abord un mouvement irrégulier, 204. Aſtres, ſéjour des Dieux, doivent avoir un mouvement régulier, ſuivant Pythagore, 210. Muſique des aſtres de ce Philoſophe, 214. Platon propoſe d'expliquer leur mouvement par le mouvement circulaire, 236. Animés, conduits par des intelligences, 245. Leurs influences, d'où en eſt venue l'idée, 266. Aſtre qui doit tomber ſur la terre, ſuivant les Perſes, 356. Leur grandeur eſtimée par Anaximandre, 442. Inſtrumens du tems, 459. Mus par des loix ſemblables, ſuivant Hypparque, M. I. 97. Leur grandeur à l'horizon, mal expliquée par Poſſidonius, 119. Bien expliquée par Ptolémée, 203. Ils ont beſoin de voir clair pour marcher, 245. Les exhalaiſons en forment; celles des planetes font les cometes; celles des étoiles forment des étoiles nouvelles, ſuivant Tycho, 385. Expreſſion de la volonté de Dieu, ſuivant Tycho, 431. L'homme leur eſt ſoumis, 435. Leur grandeur par Ptolémée, 542. Alhazen les croit plus petits au zénith, 601. Leur grandeur à l'horizon, expliquée par Mallebranche. M. II. 379.
Aſtrolabe, M. I. 157. *Voy.* Armilles. Sa deſcription, 58; de Sineſius, 573. *Voyez* Planiſphère.
Aſtrologie judiciaire, honorée à la Chine, A. 125; en Chaldée, 152, 362; en Egypte, 169. Mépriſée par Eudoxe, 244. Ce que c'eſt, 262. Née de l'Aſtrologie naturelle, 267;

& du matérialisme, 268. Son absurdité, 279. A peut-être introduit les figures d'hommes dans le ciel, 47, 504. Séparée de l'Astronomie par Geminus, M. I. 134. Lui & Seneque pensoient qu'elle pouvoit prédire l'avenir, 156. Elle annonce le sort des hommes & des empires, 158. Chez les Arabes, 223. Prédit la durée des religions, 225. La fin du monde, 245. Défendue par Roger Bacon, 306. Tycho y croyoit, 426. Il la defend, 429. L'homme est soumis aux astres, 435. Seneque y croyoit, 503. Képler la regarde comme une maladie de l'esprit humain, II. 33; lui-même n'en étoit pas tout-à-fait guéri, 35.

Astrologie naturelle, ancienne dans l'Inde, A. 117; à la Chine, 121; en Chaldée, 144. Elle est fondée sur les observations du lever & du coucher des étoiles, *ibid.* Ce que c'est, 262. Est la source de la divination & des oracles, 523.

Astrologues, chassés de Rome, M. I. 139. En titre auprès des Princes, 428.

Astronômes, punis à la Chine, A. 125. En grande considération en Perse, M. I. 257. Leurs fonctions, M. II. 280. Mérite d'un véritable Astronôme, 304. Est le guide du Géometre, 630. M. de la Caille en est le modele, III. 100.

Astronomie, inventée par la curiosité de l'homme, A. 1. Inventeurs connus, ou premiers Astronômes cités, 2 & 4. Son antiquité en Egypte & chez les différens peuples connus, paroît être de trois mille ans, 11. Elle a été communiquée aux peuples connus, 16; & cultivée auparavant chez un peuple antérieur, 18. Elle a dû précéder l'époque du déluge, 20; & au moins de quinze cens ans, 21. Devient la mesure du tems, 32. Les mêmes découvertes ont été faites plusieurs fois, 58. Astronomie antediluvienne, ou la plus ancienne, 61. Epoque la plus ancienne de l'Astronomie paroît être celle de quatre mille six cens ans avant notre ère, 79. L'Astronomie & les lumières sont venues des contrées plus septentrionales que la Chaldée & la Chine, 95. *Voy.* Nord. Etablie dans l'Inde trois mille cent un an avant notre ère, 108. A la Chine deux mille neuf cent cinquante deux ans avant la même époque, 119. Elle y est interrompue, 127. Renouvelée à Babylone, 133. Elle subit une réforme en Chaldée quinze ou seize siecles avant notre ère, 136, 145. Etablie en Ethiopie trois mille trois cent soixante-deux ans avant notre ère, 159. En Egypte deux mille huit cent quatre-vingt-sept ans avant notre ère, 164. Elle y tombe en décadence, 180. Elle est très-moderne chez les Grecs; elle y date de quatorze siecles avant J. C. 183.

183. Elle est toute en opinion chez les Grecs, 202. Son état au tems de Platon, 235. A été soutenue par l'Astrologie, 261. L'Astronomie est la plus ancienne, *ibid.* Connoissances astronomiques au tems d'Homere, 431, 440. Astronomie recommencée à Alexandrie, M. I. 2. Elle y prend un but certain & une marche sûre, 9. Est enrichie de nouvelles vues par Aristarque, 16; par Eratosthènes, 33. Développemens suivis, 48. L'Astronomie développée, fondée par Hypparque, 78. Non cultivée à Rome, pourquoi, 140. A dissipé la crainte des éclipses, 182. Les éclipses prédites montrent la certitude de ses moyens, 187. Eteinte à Alexandrie, elle passe en Arabie, 220; puis en Perse, 250; chez les Tartares, 254. Lieoupang la renouvelle à la Chine, 262. Sa décadence jusqu'à l'arrivée des Jésuites, 280. Récente à Siam, 283. Etablie en Europe, 291, en Allemagne, 308. Réformée par Tycho, 388. Cultivée un moment en Egypte au dixieme siecle, 597. Son état à la Chine trois cens ans avant notre ère, 616. Etablie en Italie, II. 79; en France, 169; en Angleterre, 208. L'histoire de ses progrès actuels a des dangers pour l'historien, III. 4. Ses accroissemens n'auront de bornes que celles du tems, 80. Ce qu'elle auroit fait sans la Géométrie, 209. Ce qu'elle a fait avec ce secours, 210. Astronomie moderne supérieure à l'ancienne, III. 323, 329 Ses succès ne peuvent être prévus; mais on peut marquer quelques-unes des choses qui lui restent à faire, 330. Ses succès actuels ne peuvent être que lents & difficiles, 337. Il lui faudroit une révolution, 340.

Atlas, n'est pas un emblême, A. 5, 288. L'irruption des enfans d'Atlas, ou du peuple Atlantique, a peut-être étendu jadis les lumières, 7. Son âge, 11, 295. L'inventeur de la sphère, 158. Son histoire, 267.

Atlantes, le plus ancien peuple connu, A. 7, 284. Leur histoire, leur origine, 285.

Atlantide, sa tradition retrouvée en Asie, A. 520, 522.

Atmosphères, nées de la chaleur, M. II. 691. On ne sait si les planetes en ont, III. 95.

Atmosphère de la lune. M. Euler la cherche par les éclipses de soleil, M. III. 95. M. le Monnier, par les éclipses annulaires, *ibid.* M. du Séjour en établit l'existence en déterminant sa réfraction, *ibid.*

Atmosphère du soleil, M. II. 415. Apperçue dans les éclipses, 625, 628. Expériences de de Lisle, *ibid.* Est la cause du mouvement des planetes, suivant M. Bernoully, M. III. 225.

Atmosphère de la terre, sa hauteur,

suivant Possidonius, M. I. 121, 493. Suivant Alhazen, 240, 600. Idée saine de Linemann, M. II. 215. Sa hauteur réfractive, suivant Dominique Cassini, 361. Sa hauteur, suivant la Hire, 612. Sa hauteur réfractive, suivant Jacques Cassini, 613. Sa hauteur par le barometre & par les météores, 614. Renferme trois régions, 615.

Atômes, philosophie des atômes, ou corpusculaires, A. 224, 457, 463.

Attraction; Copernic la prouve par la rondeur des corps, M. I. 342. L'idée de la gravité est aggrandie par Képler, M. II. 44. Kepler en a manqué la loi, 59. Il montre qu'elle diminue avec la distance, *ibid.* Idées de Hook, 464. Ses expériences à cet égard, 466. Est une des deux forces qui font mouvoir les planetes, 477. Est en raison inverse du carré des distances, 478. Un seul pouvoir assujettit toutes les planetes, 484. Est sensible sur la terre, 488. Appartient à toutes les parties de la matière, 493. Le mouvement des apsides prouve son universalité, 502; agit même sur le soleil, 503. Toute la nature la manifeste, 555. Elle n'est peut être qu'un effet, 556. Due peut-être à l'impulsion, suivant Newton, 557. Est plutôt une propriété de la matière, 559. M. Clairaut veut en réformer la loi générale, III. 152. Combattu par M. de Buffon, 153. Il se rétracte, 154. Sa transmission, est-elle instantanée, 238; agit-elle sur les corps en mouvement, comme sur les corps en repos, 240? Vîtesse énorme de cette transmission, *ibid.* Peut être regardée comme propriété de la matière, jusqu'à ce que l'on ait trouvé sa cause mécanique, 267.

Attraction des montagnes, M. III. 27. Confirmée, 31.

Aubert, M. III. 133.

Aune, mesure, M. I. 455. Sa valeur, 513. Persienne, 525.

Aurores boréales, naissent de l'atmosphère solaire, suivant M. de Mairan, M. II. 693.

Autolicus de Pytanée, A. 248, 465.

Auzout, M. II. 255, 273, 378, 386, 400.

Avenar, M. I. 603.

Averroès, M. I. 241.

Avienus, M. I. 207.

Axe de la terre, incliné, A. 204. Son parallélisme reconnu par Copernic, M. I. 353. Justifié par celui de Vénus, II. 325. Sa nutation, III. 58.

Azimuth, méthode pour trouver le lieu des Astres, M. I. 374.

B

BABEL MANDEL, détroit jadis fermé, A. 502.

Bagdad, devient le centre des sciences après Alexandrie, M. I. 220.

Baïer (Jean) M. II. 149.
Bailly, M. III. 67, 69, 71, 131, 133, 176.
Bainbrige, A. 401; M. II. 151.
Balance, sa transposition selon M. Dupuis, M. III. 280. Elle n'est ni nécessaire, ni légitime, 287. Placée à l'équinoxe, peut être un caractère équivoque, 291, 293.
Bandes de Jupiter, découvertes par Zucchi, M. II. 165.
Barros (de) M. III. 132.
Bartoli, M. II. 166.
Bâton de Jacob, instrument, M. I. 368.
Beaugrand, M. I. 175.
Beccaria, M. III. 41.
Belesis, Astronôme Chaldéen, A. 388.
Belgemer, A. 324.
Belus, c'est de son tems que commencent les observations à Babylone, A. 132. La tour de son temple peut être plus ancienne que les pyramides d'Egypte, 143.
Benani, son observatoire, M. I. 254.
Berenice, constellation de Conon, M. I. 43, négligée par Ptolémée, 199.
Berlin, son Académie, M. II. 678.
Bernoully (Daniel). M. II. 716; III. 132. Ses recherches sur les marées, 161; sur la cause du mouvement des planetes, 219.
Bernoully (Jean) M. III. 219, 225.
Berose, Astronôme Chaldéen, A. 136. Il est le pere d'une des Sibylles, *ibid.* Porte les heures & les cadrans dans la Grece, 141, 142. L'Astronôme n'est pas le même que l'historien, 386. Age de l'Astronôme, 387. Réfuté par Cléomede, M. I. 494.
Berthoud, M. III. 112.
Besicles, lunettes, M. I. 303.
Bessarion, M. I. 311.
Bevis, M. III. 66.
Bianchini, M. I. 396; II. 322.
Billy, M. II. 208.
Bilberg, M. II. 382.
Binocle, M. II. 149.
Blaeu, M. II. 32, 137, 161, 348.
Bode, M. III. 132.
Boece, M. II. 207.
Boffat, M. II. 257.
Bologne, son Académie, M. II. 678.
Bon, M. II. 623.
Borda, M. III. 112.
Borelli, M. II. 331, 335.
Bory, M. III. 132.
Boscovisch, M. III. 41, 46, 52, 206, 207.
Bossut, M. III. 237, 249.
Bouguer, M. III. 8, 12, 25, 90, 122, 153, 206.
Bouillaud, M. II. 209, 239.
Bouin, M. III. 133.
Boulanger, M. II. 175.
Boussole, connue à la Chine deux mille six cens ans avant Jésus-Christ, A. 122.
Bouvet (le Pere) M. II. 375.
Bradley, M. II. 597, 669; III. 57, 67, 70, 101, 265.

Brahé, *voyez* Tycho.

Brames, Bramanes, Gymnosophistes connus en Ethiopie, A. 156. Venus du nord, 334. Etablis en Tartarie, M. I. 275.

Brasse, mesure, M. I. 514.

Brigg, M. II. 111, 151.

Brugge, M. III. 132.

Buffon (le Comte de) A. 102; M. II. 388, 547, 720; III. 46, 153.

Buratini, M. II. 454.

Burnet, M. II. 639.

Barrough (John.) M. II. 622.

Butta, Philosophe Indien. *Voy.* Mercure; son âge, A. 334.

C

Cadizade, M. I. 610.

Cadrans, connus en Chaldée, A. 142, 324; en Egypte 175. Inventés en G..ce par Anaximene, 201, 444. Cadran d'Eudoxe, 239. Ne sont que des armilles simplifiées, M. I. 61. De Boëce, 207.

Caicabad, M. I. 517.

Caille (de la) M. II. 281, 631, 656; III. 31, 35, 36, 74, 93, 99, 131, 170, 258.

Calcul différentiel, M. II. 472. Son étendue, III. 146.

Calcul intégral, perfectionné, M. III. 146. Par M. d'Alembert, 162.

Calendriers des Grecs, A. 189, 421. Celui de Chiron, 191, 422, 424. D'Hésiode, 191, 430. De Méthon, 227, 453. D'Eudoxe, 237. Epoque des différens calendriers, 429. De Thalès, 442. Sont différens à cause du mouvement des étoiles, M. I. 111. De Geminus, 491.

Calendriers ou almanachs des Indiens, A. 117; de la Chine, leur distribution, M. I. 267.

Calendrier, regle de l'année par les astres. Hypparque n'a point tenté de concilier les mouvemens du soleil & de la lune, M. I. 93. Réformé par Jules César, 126, 494. Il n'a point tenté la conciliation, 127. Bacon remarque le premier les défauts du calendrier Césarien, 302. Regiomontanus appelé à Rome pour le réformer, 318. Réformation grégorienne, 389. Dix jours retranchés, 395. Cette réformation attaquée & défendue, 396. Examinée par D. Cassini, *ibid.*

Calippe, A. 241, 248, 465.

Camerarius, M. I. 383.

Campani, M. II. 253.

Camus, M. III. 13.

Can-hi, M. II. 374.

Caniculaire, année caniculaire, A. 164. Epoque de son établissement, 408.

Canicule, étoile qui annonçoit le débordement du Nil, A. 161. Fait connoître en Egypte la vraie longueur de l'année, 162. Connue très anciennement en Egypte, 400. A eu des autels, 435.

Canne, mesure, M. I. 524.
Candnica, M. III. 132.
Canterzani, M. III. 132.
Capelli (Ange) M. II. 632.
Capricorne, placé au solstice, peut être un caractère équivoque, M. III. 291.
Cardinaux, étoiles qui chez les Perses désignoient les points cardinaux, A. 13, 130.
Cartes géographiques, inventées par Anaximandre, A. 198, 443. Célestes inventées par Hypparque, M. I. 157.
Carte de la France, M. III. 36.
Carte de la lune, projetée par Langrenus, M. II. 216; exécutée par Hévélius, 217.
Cassegrain; M. II, 570.
Cassini (Dominique) M. II. 257, 307, 358, 380, 385, 389, 391, 406, 407, 411, 419, 442, 444, 449, 580. Sa mort, 679. Cité, III. 36, 70, 227.
Cassini (Jacques) M. II. 324, 403, 580, 654, 656; III. 36, 64, 73, 172, 176, 246, 265.
Cassini de Thury, M. III. 34, 101, 131, 132, 265.
Cassini (son fils) M. III. 112, 133, 173.
Cassiodore, M. I. 576.
Castillon, M. III. 132.
Catalogues, des étoiles. Hypparque dresse le premier, M. I. 102, 481. Ulug-beg, le second, 259, 611. A la Chine de deux mille cinq cens étoiles, 270. Le Landgrave de Hesse, le troisieme, 374. Tycho le quatrieme, 406. De Riccioli, M. II. 168. D'Hévélius, 454. De Flamsteed, 650. Des étoiles australes de M. de la Caille, III. 100. Celui des étoiles boréales n'est pas complet, 111.
Catherine II. Impératrice de Russie, M. III. 52.
Cavalleri (le Pere) III. 160.
Cavallieri, M. II. 163.
Cavendisch, M. III. 41.
Celsius, M. III. 13.
Cendrée, lumière de la lune, M. I. 120. Calculée par M. du Séjour, III, 201.
Censorin, M. I. 569.
Cercles de cuivre, instrumens, *voy.* Armilles.
Cercle, son origine présumée, M. I. 56. Divisé à la Chine en 365¼, 269. Erreur de Riccioli sur sa division, 454.
Cercle excentrique, représente l'inégalité du soleil, M. I. 87, 471; de la lune, 97, 477, 536.
Cercles concentriques, imaginés par Mœstlin pour les éclipses, M. II. 24.
Cérémonies chinoises & astronomiques, A. 351; M. I. 266.
César (Jules) réformateur du calendrier, M. I. 126.
Cesaris, M. III. 132.

Chabert, M. III. 132.
Chaldéens, étrangers à Babylone, A. 130, 358. Restaurateurs de l'Astronomie, 133. Collége de Prêtres, 134. Leur institution utile, 135. N'ont point été instruits par les Egyptiens, 134. L'ancienneté de leurs observations, 144. Leur mérite apprécié, 150. Leurs opinions astronomiques, 360. Leur antiquité estimée & réduite, 367. Hypparque n'a point fait de cas de leurs opinions. M. I. 81.
Chaleur intérieure du globe, soupçonnée par Œnopides, A. 222; aussi par les Pythagoriciens, dit-on, 446. Cause des atmosphères, M. II. 690. Démontrée par M. de Mairan, 722.
Chalid, M. I. 580.
Chappe, M. III. 105. Sa mort, 107.
Charimander, A. 467.
Charles II, Roi d'Angleterre, M. II. 431.
Charles-Magne, M. I. 298.
Charles XI, Roi de Suede, M. II. 381.
Chazelles, M. II. 353, 390.
Chemin sabbatique, mesure, M. I. 518.
Chevalier, M. III. 132.
Chevelure de Bérénice, constellation formée par Conon, M. I. 43, 462.
Chien, étoile du Chien, *voyez* Canicule.
Childrey, M. II. 412.
Chimboraco, la plus haute montagne du globe, M. III. 19.
Chinois, certitude de leur chronologie, A. 118, 338, 341. Leurs fables historiques, 339. Leur époque chronologique commence à Fohi, 341. Occupés sans cesse à retrouver l'Astronomie ancienne, M. I. 263. Authenticité de leurs annales, 268. Sont éclairés par des étrangers, 270, 275, 277, 279, 623, 625. Jugés, 280. N'ont rien reçu d'Alexandrie ni de Ptolémée, 270. Leurs mesures, 621.
Chioniades, M. I. 251.
Chiron, supposé l'inventeur de la sphère. C'est lui qui a décrit en Grece les constellations, A. 184, 512. Son calendrier, 191.
Chou-kang, Empereur Chinois, A. 124.
Chou-king, passage du Chou-king, A. 347.
Chrisippe, M. I. 482.
Chrisococca, M. I. 251.
Christiern IV., M. II. 140.
Chronologie avant le déluge, A. 8, 73, 79, 95, 306. Des Egyptiens, A. II. 159, 161. Des Chaldéens, 12, 123, 353, 367. Des Perses, 13, 129, 353, 357. Des Indiens, 13, 107, 329. Des Chinois, 15, 119, 340. Réglée par les positions des équinoxes, 509. Varron la regle le premier par les éclipses, M. I. 129, 496.

Chueni, Empereur de la Chine, A. 123.
Ciceron, M. I. 129.
Cicloïde, ses propriétés, M. II. 261, 459.
Cicle, *voyez* Période. Cicle solaire, M. I. 209. Connu à la Chine, 226.
Ciel, sa sphéricité, ou sa rondeur découverte, A. 28. Sa solidité enseignée par Anaximene, 201; par Aristote, 245, 444. Pierre tombée du ciel, 203. Cieux animés, 245, 444. Cieux des Chaldéens, 390. Leur vîtesse comparée, 444. Les cieux solides ont produit les déférens imaginés pour porter les planetes, M. I. 47. Détruits par Hypparque, 118. Rappelés par Purbach, 310. Rejetés par Tycho, 404. Entiérement détruits par Kepler, II. 46. Sa description n'est pas finie, III. 333.
Cimmeriens, A. 185.
Ciprianus Leovitius, M. II. 236.
Circonférence, est au diametre comme 3 à 1. Suivant les anciens, M. I. 176, de la terre, II. 349, III. 37.
Clairaut, III. 13, 21. Sa théorie de la figure de la terre, 43. Des verres achromatiques, 118. Résout le problême des trois corps, 141. Ses Tables de la lune, 155. Sa théorie des inégalités de la terre, 170; du retour des cometes, 188. Sa mort 197, cité, 249.
Clapiers, M. II. 623.
Claude, Empéreur, prédit des éclipses M. I. 134.
Clavius, M. I. 396.
Cleanthes, A. 247.
Cleomede, M. I. 122.
Cleostrate, A. 223, 450.
Clepsidres, connues anciennement à la Chine, A. 125; en Chaldée, 141; en Egypte, 175; en Grece, 235; dans l'Inde, 330; à Rome, 438. Clepsidres des Indiens, premiere espece, M. I. 63. Différentes especes de clepsidres, 64 & suiv. On y appliqua l'Astronomie, 70. Employées par Tycho, M. I. 399. Leur usage antique, 464. Ptolémée ne les a point rejetées, 465. En usage à la Chine, 618.
Climats fixés par la longueur des jours, M. I. 113.
Coche-ou-king, Astronôme Chinois, M. I. 279, 635.
Cœsius (Philippe) M. II. 150.
Cohésion, preuve de l'attraction, M. II. 490.
Collas (le Pere) M. III. 133.
Colonnes de Thot, A. 284, 318.
Colures, cercles de la sphère, A 43. On y rapporte la position des étoiles. M. I. 10.
Cometes, les Chaldéens les regardent comme des planetes & prédisent leurs retours, A. 147. Nées de la rencontre des planetes, selon Anaxagore, 205. Sont des planetes suivant Pythagore, 214. Produites par

la rencontre des planetes, suivant Democrite & Artemidore, 231, 467. Météores, suivant Aristote; il en a observé une, 244, 245. Observées à Babylone, 263. Opinions des Chaldéens sur ces astres, 391. Les Egyptiens n'ont point connu leurs retours, 416. Hypparque ni Ptolémée n'en ont point parlé, M. I. 105. Première observée en Europe, 317. Leurs queues opposées au soleil, 366. Formées des exhalaisons des planetes, suivant Tycho, 385. Tycho remarque qu'elles détruisent les cieux solides, 404. Comete de 1577, découverte par lui, 410. Il les fait tourner autour du soleil, 410, 419. Mœstlin & Cornelius Gemma aussi, 410. Leur épicycle autour du soleil ressemble à un ovale, *ibid.* Tycho démontre qu'elles sont plus loin que la lune, 411. Il les regarde cependant comme des météores, 412. Il leur donne une route ovale, 419. Comete vue par Albumazar, 584. De 1618, II. 120. Kepler suppose qu'elles se meuvent en ligne droite, 121. Il croit encore qu'elles peuvent se dissoudre, 123. Elles naissent, selon lui, d'un épaississement de l'éther, 124. De 1664, observée par Hévélius, 241. Scintillation de leur queue, 242. Elles ont une parallaxe, 243. Hévélius ne les croit pas des astres durables, 244. Il remarque la courbure de leur route à leur périhélie, 245. Il la juge parabolique, 246. Il l'attribue à deux mouvemens, *ibid.* D. Cassini établit la perpétuité de leur existence, 309. Il les fait marcher dans de grands cercles, 312. Cometes observées, 441. D. Cassini montre la possibilité de leurs retours, 443. Grande comete de 1680, *ibid.* On la juge plus loin que le soleil, 447. De 1682, 448. Théorie de Newton, 538. Décrivent des paraboles dont le soleil occupe le foyer, 539. Méthode de Newton pour déterminer cette orbite parabolique, 542. Elémens de leur théorie, 543. Comete de 1680 a le plus approché du soleil, 546. Chaleur qu'elle a dû éprouver, 547. Peuvent omber dans le soleil, 548. Leurs queues sont des vapeurs, 549. Rétrogrades, 551. Comete qui s'éleve perpendiculairement, 644. Halley calcule l'orbite de vingt-quatre cometes, 646. Comete de 1682, a déjà paru plusieurs fois; Halley découvre sa période & annonce son retour, *ibid.* & de celle de 1680, 647. Peuvent avoir dérangé Saturne, III. 66. Premières calculées en France, 73. La théorie de Newton adoptée aussi en France, *ibid.* Travail de M. de la Caille, 74; de M. Pingré, *ibid.* Retour de la comete de 1682 en 1759, 75. Seize cometes découvertes par M. Messier, *ibid.* Eloignement prodigieux

des cometes, 77. Il y en a quatre dont les révolutions sont connues, 78. Essais pour découvrir la durée des révolutions par les observations, 79. Leur nombre peut être très-grand, 80. Comete de 1770, dont la période a paru de cinq ans & demi, 82. Son cours a été dérangé par Jupiter, 85. Astre singulier de 1781, qui n'est sans doute pas une comete, *ibid.* Théorie de M. Clairaut, & calcul de leur retour, 188. La terre a pu déranger celle de 1759, 195. Leur rencontre avec la terre, danger imaginaire, 201. Nouvelle théorie de M. de la Grange sur le tems de leur retour, 205. Méthode de M. du Séjour pour calculer leur orbite, 206. Ne paroissent point avoir été lancées par une même cause, 221. Peuvent déranger les planetes, 243. Leurs routes peuvent être hyperboliques aussi-bien qu'elliptiques, 253. Leurs queues sont dues à la répulsion, 254. Peuvent être habitées, suivant M. Oliver, 255. Elles offrent encore beaucoup de travaux, III. 332.

Communication des peuples, ne fut jamais ni facile, ni suivie dans la haute antiquité, A. 71, 134; M. I. 153.

Comparaison, premier pas des sciences, seul moyen de connoître, M. I. 34. Des corps lumineux avec les corps opaques, II. 682. Des tems, des vîtesses & des espaces, III. 139.

Compas, Tycho observe d'abord avec un compas, M. I. 379

Compas de proportion, inventé par Juste Birge, M. I. 373.

Compensateur, M. II. 264.

Condamine (la) M. III. 11, 20.

Confucius, Philosophe Chinois, A. 127.

Conjonction de cinq planetes, observée à la Chine deux mille quatre cent quarante-neuf ans avant notre ère; la plus ancienne observation connue, A. 123, 345. Craintes qu'elles inspirent, 137. Leurs effets, suivant l'Astrologie, M. I. 434, 584.

Comte (le Pere le) M. II. 375.

Condorcet (le Marquis de) M. III. 156, 207.

Conjectures, sont utiles aux progrès des Sciences, M. III. 213.

Conon, Astronôme Grec, M. I. 43; 462.

Constellations, amas d'étoiles, unies d'abord par des lignes, A. 46; puis par des figures d'hommes ou d'animaux, *ibid.* 475. Les Chaldéens en comptoient vingt-quatre dans le ciel & douze dans le zodiaque, 138. Du zodiaque, séparées des signes, 421. Les amas d'étoiles ont fait les premières constellations, 473. Noms semblables donnés par différens peuples à l'Ourse & aux Hïades, *ibid.* Nos constellations ressemblent à celles de

la sphère persienne; la sphère indienne est toute différente, 489. Constellations des Arabes, 491; des Chinois, 494; des Chaldéens, 506; des Egyptiens, *ibid.* Quarante-neuf Constellations d'Hypparque, M. I. 105. Hypparque a changé à celles des anciens, *ibid.* & 111. Leurs figures ont été changées, 481. Les anciens en comptoient soixante-douze, 482. Hypparque quarante-huit ou quarante-neuf, 483. D'Americ Vaspuce, de Halley, de l'abbé de la Caille, 484. De Ptolémée, 558. Leurs noms ont pu être transposés, 588. Constellations d'Alsuphi, 597; des Persans modernes, 609. Elles sont sans nom, ou elles portent le nom des géans, *ibid.* De Halley, II. 435. D'Hévélius, 455. Sont établies par la nature, 687. Renferment la fable & l'histoire des anciens Dieux, III, 272. Ne sont pas toutes du même tems, 282. Elles ont subi des changemens, 291, 295, 296, 299.

Copernic, M. I. 357. Sa mort, 361. Comment il annonce son système, 362. Marche de ses idées, 363.

Coppenhague, son observatoire, M. II. 141.

Cornelius Gemma, M. I. 410; II. 242.

Corps célestes, leur ordre; *voyez* Système. Leur distance mal estimée en Egypte, A. 169; *voyez* Distance. Comparés aux corps terrestres, par Descartes, M. II. 189. Comparaison des corps lumineux & opaques, 682. Il doit y en avoir de plus forts que le soleil, 688. Problême des deux corps, III. 141; des trois corps, 143. Paroissent se mouvoir plus vîte lorsque la force d'impulsion diminue, 235. Grand corps qui peut être le centre des soleils & des systêmes des soleils, 266.

Corps, chûte des corps, phénomène incompréhensible, M. II. 77. Explication de Descartes, 187. Expériences de Riccioli, 458.

Cosme de Médicis, M. I. 308.

Coss, Indien; sa mesure, M. I. 151.

Coudée, des Perses & des Indiens, M. I. 146. Leur mesure, *ibid.* Celle du Caire n'a point varié depuis Sesostris, 506. Coudée des Hébreux, *ibid.* Grande & petite coudée, 507. Coudée noire, sa valeur, *ibid.* 582. Coudée royale, *ibid.* Coudée greque, *ibid.* Coudée babylonienne; Erreur de Freret, 508. Grande coudée de 20½ pouces, *ibid.* Réglée ou modifiée sur la circonférence de la terre, 509. Grande coudée, base de toutes les mesures, 512. Se retrouve encore à Florence, 514; en Tartarie, 523. Se retrouve dans les dimensions des pyramides d'Egypte, 516; des Chinois, 521.

Cousin, M. III. 208.

Crabtrée, M. II. 153, 426.

Crépuscules, causés par la réfraction, M. I. 237. Problême du plus court crépuscule résolu par Nonnius, 370. Traité d'Alhazen, 600.
Croy (le Prince de) M. III. 94.
Ctesibius, perfectionne les clepsidres, M. I. 69.
Cusa, M. I. 309, 390.
Cuspinianus, M. II. 236.
Cylindre, *voyez* Disque.
Cysatus, M. II. 152.

D

Danaïdes, sont les semaines de l'année, A. 92, 298.
Dante, *voyez* Egnace.
Decani, noms des subdivisions du zodiaque, A. 496; M. I. 483.
Déclinaison, ce que c'est, M. I. 11. Mesurée au méridien par un quart de cercle, 374. Méthode de l'observer, II. 293.
Dée, M. I. 383.
Déférens, cercles imaginés pour porter les planetes, M. I. 45.
Degré, sa subdivision en vingt-quatre doigts, A. 150. Les Egyptiens & les Chinois en donnoient 365 $\frac{1}{4}$ au cercle, 404. Marqués par des figures d'hommes, 503.
Degrés de la terre, leur mesure par les Arabes, 222. Leur inégalité connue à la Chine, M. I, 272. La mesure d'Eratosthènes discutée, 457. Degré chinois, 521. De France, II. 344. Plusieurs degrés mesurés aussi en France, 350, *voyez* Mesure de la terre. Au cercle polaire, III. 17. A. l'équateur, 23. Comparaison des degrés, 33. Degré de longitude mesuré, 38. Hypothèse de M. Bouguer sur leur diminution, 40. Mesuré par M. de la Caille, *ibid.*; par d'autres Astronômes, 41. Cause du peu d'accord des mesures, *ibid.*
Déluge, tems qui l'ont précédé égaux chez les différens peuples, A. 10 & 299. Annoncé par Berose, 137. Faux déluge prédit, M. I. 426.
Demeures, noms des signes du zodiaque, A. 475.
Démocrite, A. 230, 458.
Denis le petit, M. I. 209.
Densité des planetes, hypothèse de Képler à cet égard, M. II. 114.
Derham, M. II. 694; III. 262.
Derobés, *voyez* Epagomènes.
Desaguilliers, M. II. 641.
Descartes, M. II. 177. Objections contre son systême, 190. Comparé à Kepler, 193. Ses idées philosophiques, 201. Son caractère, 202. Les honneurs qu'il a reçus, 204. Ce qui lui reste de sa gloire, 205. Objections de Newton, 553. Cité, III. 267.
Diametres des planetes, mesurés en Egypte, A. 173, 417. En doigts, pourquoi, 178? Par Thalès, 197, 441. Par Eudoxe, 238. Observés par Aristote, 246. Mesure des espaces

céleſtes, M. I. 12. Obſervés par Ariſtarque, 19, 448, 452; par Archimede, 20. Celui de la terre ſert de module pour les diſtances des planetes, 97, 320. Diametres meſurés par Hypparque, 99, 479. Changent comme les parallaxes; Ptolémée s'y eſt trompé, 181. Altérés par la réfraction, 203. Aſſez bien meſurés, 538. Plus grands ſur un fond obſcur, plus petits ſur un fond éclairé, II. 25. Aſſez bien meſurés par Hortenſius, 163; par Gaſſendi, 173; par Hévélius, 233. Variations de celui de la lune, lorſqu'elle s'éleve ſur l'horizon, 378. Du ſoleil, meſuré par pluſieurs Aſtronômes, III. 131. Rectifié par le calcul des éclipſes, 199.

Diametre des étoiles, ſuivant Hévélius, M. II. 220. Il eſt inſenſible, 659.

Diametre des ſatellites de Jupiter; Méthode pour les meſurer, M. III. 72.

Diaphragmes, pour diminuer la lumière, dûs à Hévélius, M. II. 220.

Diéteride, période greque, A. 193.

Diemſchid, Roi Perſan, A. 129.

Dieux, tous ſont les ſymboles du ſoleil, A. 316, 320; ils préſident aux ſignes du zodiaque, 495. Les douze grands Dieux d'Egypte ſe retrouvent au Japon, 522.

Dioniſiodore, ſa meſure de la terre, M. I. 37.

Dioptra, inſtrument d'Hypparque & de Ptolémée, M. I. 180, 479. Inſtrument deſtiné auſſi à la viſion, 556.

Dioptrique, ſcience créée par Deſcartes, M. II. 193.

Diſques, inſtrumens qui, comme les cylindres, ſervoient à meſurer les diametres des aſtres, A. 246; M. I. 20.

Diſques, eſpeces de cadrans. M. I. 73, 454.

Diſtances des aſtres à la terre, abſolument inconnues aux anciens, A. 169, 215. Celles du ſoleil & de la lune eſtimées par Ariſtarque, M. I. 16, 448. Sa méthode, 17. Du ſoleil & de la lune par Eratoſthènes, 39. Meſurées par la parallaxe, 97, 99. Ptolémée s'y eſt trompé; il n'a pu les comparer, 193. Avantages du ſyſtême de Copernic pour les meſurer, 357. Marquées par les corps réguliers, ſuivant Kepler, M. II. 9. Il varie ſur celle du ſoleil, 112. Vraie diſtance de la lune; III. 102. Vraie diſtance du ſoleil, 109.

Diſtances au zenith, obſervées par Ptolémée le premier, M. I. 175.

Diſtances des planetes aux étoiles, meſurées, M. I. 320. Tycho emploie cette methode, 400; Flamſteed la conſerve, M. II. 650.

Diſtance des étoiles, infinie, M. I. 24, 344, 453. Eloigne Tycho du ſyſtême de Copernic, 415. Eſſai

pour la déterminer, 653. On l'ignorera peut-être toujours, M. III. 60.
Divination, liée à l'Astronomie en Chaldée, A. 135.
Dixon, M. III. 41, 133.
Doerfeld, M. II. 539, 546.
Doigts, subdivision du degré, A. 150. Origine de cet usage, 118. Cet usage subsiste à la Chine, 179. Les Chaldéens s'en servoient pour mesurer les parties éclipsées; mais différemment qu'on ne fait aujourd'hui, 389. Ces doigts mesuroient aussi les petits espaces célestes, *ibid.* M. I. 320. Mesure des éclipses, M. I. 184. Subdivision de la coudée; Coudée de trente-deux doigts, 507; de vingt-quatre, *ibid.*; de vingt-sept, *ibid.* Leur valeur, 508. Doigts des éclipses assez bien observés, 539.
Dolieres (le Pere) M. III. 133.
Dollond, M. III. 116, 124.
Dollond (son fils) M. III. 119.
Dosithée, A. 223, 462.
Doz, M. III. 132.
Dragons, causes des éclipses chez les Indiens, A. 116. Superstition ancienne & générale, 437, 515. Reçue au Pérou, M. I. 286.
Draz, mesure, *voyez* Coudée, M. I. 506.
Druides, n'étoient point Astronômes, M. I. 294.
Dulague, M. III. 133.
Dunthorne, M. III. 67, 133.
Duplication de l'anneau de Saturne, M. II. 402.
Dupuis, son systême, M. III. 273.
Dynamique créée par Newton, M. III. 140. Perfectionnée par les Géometres, 141.

E

Ebnsahel, M. I. 583.
Eclipses, objets de terreur, A. 49. Leurs causes, 50. N'arrivent jamais que dans les nœuds, 51. Leur prédiction, 54. Calcul des éclipses chez les Indiens, 113. Eclipse observée à la Chine deux mille cent soixante-neuf ans avant notre ère, 124, 350. Peines pour les Astronômes qui ne les prédisent pas, 125. Superstitions relatives, *ibid.* Calculées à la Chine, M. I. 627, 637.
Eclipses des étoiles par les planetes, observées par Aristote, A. 244. Leur utilité, M. II. 297.
Eclipses de lune, négligées à la Chine. A. 127. Prédites en Chaldée, 139, 366; en Egypte, 167. Observées en Chaldée, 389, 410. Horizontales, M. I. 124. Méthode des Grecs pour les calculer, 182, 545. Leur utilité, 185. Observées par Albategnius, 231; par Regiomontanus, 314. Choix d'éclipses pour déterminer l'excentricité, 534; & le diametre, 539. Leurs limites, 542. L'instant du milieu n'est pas celui de l'oppo-

ſition ; Ptolémée s'en eſt apperçu, 544. Il détermine la ligne des centres, 547. Leurs phénomènes optiques expliqués par Kepler, II. 20. Remarque d'Hévélius, 221. Méthode de les obſerver, 295. Réticule pour les obſerver, 597. Remarque ſur ces phénomènes, 622. Lumière étendue au-delà des bords de la lune, *ibid.* Lune inviſible, 623.

Eclipſes de ſoleil, négligées en Chaldée, A. 139, 366. Prédites en Egypte, 167 ; par Thalès, 196, 439. Annulaires connues en Grece, 246. Méthodes des Grecs pour les calculer, M. I. 185, 546. Eclipſe totale ; dérangement de l'ordre phyſique à la Chine, 265. Leur importance, *ibid.* Annulaires, connues de Soſigènes, 495. Obſervées par Albategnius, 231 ; par Theon, 571. Kepler applique leur obſervation à la recherche des longitudes, M. II. 27. Il les conſidere comme des éclipſes de terre, 29. Méthode de les obſerver, 295. D. Caſſini prédit que le ſoleil éclipſé paroîtra environné d'une chevelure lumineuſe, 415. Sa prédiction vérifiée, 625, 628. Grande éclipſe en 1706, 623. Les totales ſont rares, *ibid.* On en a obſervé cependant en 1706, 624 ; en 1715, 625 ; en 1724, 628. Théorie de M. du Séjour, M. III. 198.

Eclipſes des ſatellites de Jupiter. Leur utilité, M. II. 329. Leur retard fait meſurer la vîteſſe de la lumière, 417. Eclipſes fictives, III. 72.

Ecliptique, découverte de ce cercle incliné, qui eſt la route du ſoleil. A. 40. Attribuée fauſſément à Anaximandre, *ibid.* Hypparque y rapporte les étoiles, M. I. 110, 486. Doit ſe confondre avec l'équateur, ſuivant Fracaſtor, 331. Les Chinois commencent à y rapporter le mouvement des aſtres, 622. Toute l'Aſtronomie ſe réduit-là, M. II. 293.

Ecole d'Alexandrie, ſa fondation, M. I. 4. Eſt une Ecole Greque, 6. Ses inſtrumens, 567. Célebre encore au quatrieme ſiecle, 571.

Economie de la nature, M. II. 2.

Ecphante, A. 221.

Ecreviſſe, eſt le ſeul caractère qui ne ſoit point équivoque, M. III. 300.

Edda, livre des Suédois, A. 323.

Edifices, orienter les édifices, uſage pratiqué par les Indiens, A. 112 ; en Chaldée, 143 ; en Egypte, 418 ; au Pérou, M. I. 285.

Egnace Dante, M. I. 391.

Egyptiens, ont fait peu de progrès dans l'Aſtronomie, A. 166. Ont découvert, dit-on, le vrai mouvement de Mercure & de Vénus, 170. Ne doivent pas être toujours jugés ſur ce qu'ils ont communiqué, 172. Leur mérite apprécié, 182. Les Ethiopiens ſont plus anciens, 395. Les

Égyptiens sont leurs descendans, 395. Les Ethiopiens sont venus de l'Inde, 502. Causes de leur peu de progrès, M. I. 7. Ne paroissent point avoir fait d'observations, 443. Fin de leur année vague, 499. Cultivent l'astronomie au dixieme siecle, 597. Leur savoir se réduit à peu de chose, M. III. 274. Leurs fêtes peuvent n'avoir pas été instituées chez eux, 290.
Eimmart, M. II. 678.
Eisenschmid, M. II. 639.
Elémens de la théorie des planetes, M. II. 292, 337.
Ellipse, selon Rheinhold, la route de la lune ressemble à un ovale, M. I. 366. Epicicle des cometes en forme d'ovale, 410. Tycho leur en donne une semblable, 419. Kepler découvre que cette courbe est la route des planetes, II. 70. Horroxe est le premier qui ait adopté cette vérité, 154. Celle des planetes est immobile, si la force centrale suit la loi du carré des distances, & mobile si cette loi de la tendance est troublée, 502. Est-elle susceptible d'altération, III. 248.
Elliptique, hypothèse simple, imaginée par A. Curtius. M. II. 144. suivie par Bouillaud & par Sethward, 209, 212.
Emblêmes, les personnages cités de l'antiquité ne sont pas des emblêmes, A. 5, 288 & suiv. Hercule même doit être un personnage réel, 93.
Embolismique, année où se fait une intercallation, établie anciennement à la Chine, A. 124.
Embrasement universel annoncé par Berose, A. 137, 283.
Empedocle, A. 218.
Empires, les grands empires fondés presqu'en même tems, A. 106.
Endimion, origine supposée de la fable, A. 188.
Enée, A. 194.
Enopides de Chio, A. 221.
Epacte, M. I. 392; des Siamois, 615; des Chinois, 620.
Epagomènes, cinq jours ajoutés à l'année, A. 112, 161, 359, 398, 399. Appelés aussi jours furtifs ou dérobés, 353, 398. Connus au Pérou, M. I. 286; au Mexique, 288.
Ephémerides, celles de Chueni à la Chine deux mille cinq cens ans avant notre ère, A. 123. Regiomontanus en est le premier auteur en Europe, M. I. 312.
Epicicles, cercles fictifs, peut-être imaginés par Apollonius, M. I. 45, 463. Sont une invention ingénieuse, dérivée des sphères d'Eudoxe, 47. Employés par Hypparque pour expliquer l'inégalité du mouvement du soleil, 87, 471, 534; & celle de la lune, 97, 476, 534. Par Ptolémée, 173. Conservés par Copernic

pour expliquer les inégalités des planetes, 360; & par Tycho, 409.
Epicicles des cometes, avec une forme ovale, 410. Ptolémée les préfere aux excentriques, pourquoi, 534. Il emploie les deux hypothèses qui ne suffisent pas pour la lune, 536. Kepler les rejette & en montre l'absurdité, II. 49. Conservés par Longomontanus, 141. Hévélius y tient encore, 219.
Epicicloïde, course de la réfraction, M. II. 611.
Epicure, A. 463. Censuré par Cleomede, M. I. 493.
Epigenes, A. 248, 466.
Epoque des Indiens, A. 108, 332, 335. De Nabonassar, 146. Des Chinois, 341, 347. Des Tartares, 342. De la période de soixante ans à la Chine, 344. Des Perses, 354. d'Iesdegird, M. I. 250. Des Siamois, 613.
Equant, cercle de l'ancienne Astronomie, M. I. 551.
Equateur, cercle de la sphère, A. 41. Les anciens y rapportoient le mouvement des astres, 428; M. I. 10. Hypparque en établit l'usage, 82. Il cesse d'y rapporter les étoiles, 110. L'Astronomie se réduit à y rapporter tous les astres, II. 293. La mesure de ses degrés n'est pas si utile que celle du méridien, III. 21.
Equateur lunaire; ses nœuds ont le même mouvement que les nœuds de l'orbite de la lune, M. III. 54.
Equations, toutes additives, M. I. 592.
Equation du centre du soleil, connue des Indiens, A. 335. De 2° 23', suivant Hypparque, M. I. 472. De 2°, suivant les anciens Perses, 606. d'Ulug-beg, de 1° 55′ 53″, 612. Des Siamois, de 2° 12′, 615. Connue à la Chine, 627, 628. D'Y-hang, de 2° 21′½, 629. Méthode de D. Cassini pour la déterminer, II. 315. Louville la croit variable, 633. Elle paroît l'être suivant la théorie, III. 250.
Equation du centre de la lune, découverte par Hypparque, M. I. 97. La seconde équation découverte par Ptolémée, 172, 535. La troisieme par Tycho, 407. Equation du centre de la lune des Siamois, 615; des Chinois, 624. Toutes les équations de cette planete sont produites par l'action du soleil, III. 148.
Equation du centre des planetes paroît variable, M. III. 249.
Equations séculaires, quelle en est la cause, M. III. 230. Paroissent d'abord venir des perturbations mutuelles des planetes, suivant M. Euler, 231; & M. de la Grange, 232. M. de la Place fait voir que non, en poussant plus loin l'approximation, *ibid.*; & M. de la Grange par une

une démonstration rigoureuse, 233. Elles existent cependant dans quelques planetes, 234. La résistance de l'éther en donne une pour la Lune, & n'en donne point pour Jupiter & Saturne, 237. La transmission de la gravité n'en donneroit pas non plus, 241. Doutes sur les méthodes d'approximation, relativement à la théorie de Saturne & de Jupiter, 245. Les équations séculaires de ces planetes peuvent être des équations à longues périodes, 247. Autres doutes 250.

Equation du tems, connue d'Hypparque, M. I. 90, 473. Tycho en admet une différente pour la lune, 408. Niée par Vendelinus, M. II. 158. Rétablie par Flamsteed, 427.

Equation des hauteurs du soleil; on y avoit égard par l'observation des hauteurs, même dans le dernier siecle, M. II. 352.

Equinoxes, points où l'équateur coupe l'écliptique; leur découverte, A. 41. Equinoxe du printems, fixé au premier degré du Bélier, 421. Jadis au premier degré des Gemeaux, 73, 315, 316, 479, 503. Leurs positions peuvent régler la chronologie; idée de Newton, 509. Hypparque se sert de leur observation pour déterminer la longueur de l'année, M. I. 86. Leur rétrogradation cause le mouvement des étoiles, 109. Observés au Pérou, 285. Erreur des anciennes observations, 471. Méthode de les observer, M. II. 290. Tradition, qui désigne le passage de l'équinoxe du Taureau dans le Bélier, III, 289.

Eratosthènes, Astronôme Grec, M. I. 31. Critiqué par Hypparque, 116. Son commentaire sur Aratus, 447. Cité, M. II. 389.

Essachel, M. I. 603.

Esseriphus, M. I. 603.

Ether, liquide céleste, connu des Indiens, A. 115; des Chaldéens, 139. Renouvellé par Alhazen, M. I. 238. Milieu sans résistance, suivant Newton, M. II. 501. Cela semble prouvé encore par la queue des cometes, 550; par les cometes mêmes, III. 194. Il y a cependant des effets de sa résistance, 237.

Ethiopie, plus anciennement habitée que l'Egypte, A. 155.

Etoiles, leurs configurations, leurs distances entr'elles sont toujours les mêmes, A. 29. Ont servi à connoître la marche du soleil, 44. Elles semblent s'avancer le long de l'écliptique, 48. Ce mouvement attribué à la sphère, à la voûte du ciel, *ibid.* Ce mouvement découvert par les Indiens, 109; les Chaldéens, 149, 392. Les Perses pensent qu'elles sont plus près que la lune, 130, 355. Leur mouvement apparent inconnu aux Egyptiens, 165, 403. Selon Thalès, sont de la même substance

que la terre, 196. Sont semblables au soleil, selon Archelaüs, 206. S'éteignent le soir pour se rallumer le matin, selon Xenophanes, 228, 463. Ont une figure conique, suivant Cleantes, 247. Observations des étoiles étoient des pronostics, 250. Les anciens étoient attentifs aux observations des étoiles, 430. Etoile du pôle, étoiles de la première grandeur, les premières remarquées, 474. Quatre étoiles partagent le zodiaque & répondoient aux points cardinaux trois mille ans avant J. C., 13, 480. Observation des étoiles, premier pas dans l'Astronomie, M. I. 8. Dénombrement des étoiles, fait par les anciens, 10, 103, 270. Les Astronômes d'Alexandrie comparent leur position aux cercles fixes de la sphère, *ibid.* Leur distance infinie, enseignée par Aristarque, 24. Comptées par Eratosthenes, 42, par Hypparque, 102. Premier exemple d'une étoile nouvelle, *ibid.* Sa méthode pour les observer, 106. Leur mouvement découvert par Hypparque, 107. Il est tout en longitude. Les latitudes sont invariables, 108, 553. Idée de Geminus, 117; de Possidonius, 119. Leur mouvement confirmé & évalué par Ptolémée, 198. Un Juif les croit éclairées par le soleil, 225. Leur prétendu mouvement de trépidation, 227, 589. Leur mouvement connu à la Chine, 271. Assez bien établi dans les tables alphonsines, 300. Copernic n'a point cru qu'elles fussent éclairées par le soleil, 343. Etoile nouvelle, découverte par Tycho, 381. Cette étoile comparée à celle des Mages, 383. Opinion sensée de Reisacherus, *ibid.* Selon lui, l'étoile a des altérations d'apparitions & de disparitions; autres opinions, *ibid.* Tycho démontre qu'elle n'a point de parallaxe, 384. Elle est formée fortuitement, selon lui, & de la substance des étoiles, 386. Leur mouvement déterminé par Tycho, 406. Il s'apperçoit du changement de leurs latitudes, & le lie à la variation de l'obliquité de l'écliptique, 407. Immobiles suivant Aristarque, 452. Les anciens en comptoient seize cens, 482. Leur nombre apparent dépend des vues, 555. Partagées en différentes classes, 557. Leur longitude fixée au premier degré d'Ariès, 559. Etoiles perdues, 611. Leur mouvement observé à la Chine, 624. Etoile nouvelle du Cigne, M. II. 32. Dans le serpentaire, 33. Elle est au moins dix-huit cent fois plus loin que le soleil, 36. Leur scintillation expliquée par Kepler, & mieux par Scaliger, 37. Les nouvelles, suivant Kepler, naissent de l'Ether, 40. Deviennent plus petites dans les

télescopes, 87. Le télescope les multiplie, 88. Galilée confirme la cause de leur scintillation, *ibid.* Etoile changeante, découverte par D. Fabricius, 107. Désignées par des lettres, 149. Leur formation, suivant Descartes, 186. Leur diametre prétendu observé par Hévélius, 220, 233. Etoiles nouvelles, 236. Retour & apparition des mêmes étoiles, & les causes, 238. Servent à trouver l'heure, 287. On les voit en plein jour, 291. Leurs éclipses & leur utilité, 297. Australes, observées par Halley, 433. Boréales, observées par Flamsteed, 649. Tentatives pour déterminer leur distance, 657. Sont des soleils, 660. Halley croit qu'il ne peut y en avoir que treize de la première grandeur, 661. Leur latitude change par un mouvement propre, 663. Leur aberration, 670. Essentiellement lumineuses, 683. Leur volume soupçonné, 684. Leurs systêmes, 687. Ce sont des corps qui brûlent, 697. Conjectures sur ces étoiles nouvelles & changeantes, 698. Semblables à des meules, suivant M. de Maupertuis, 700. Leurs couleurs peuvent faire présumer ce degré de la combustion, 707. On ne connoîtra peut-être jamais leur distance, III. 60. Dix mille australes observées par M. de la Caille, 100. Travaux de plusieurs Astronômes, 131; de M. de la Caille & de M. le Monnier, 132. Quelques-unes ont un mouvement propre, 265. Les boréales ont besoin d'être observées plus complettement, 333. Leur mouvement propre est un grand sujet de travaux, & leurs apparitions périodiques également, 334. Leur lumière, moyen de la mesurer; leur lumière colorée, autre objet de recherches, 335.

Etoiles (nébuleuses) connues des anciens, M. I. 557. Galilée les regarde comme des amas d'étoiles, II. 90.

Euclide, ses élémens, M. I. 29.

Euctemon, A. 226; Observateur, 455.

Eudeme, Historien Grec de l'Astronomie, A. 247. Fragment conservé de son histoire, 466.

Eudoxe, A. 236. Sa sphère, 424. N'étoit point Observateur, 243, 461. Critiqué par Hypparque, M. I. 116.

Euler (Albert) M. III. 194, 249.

Euler (Charles) M. III. 242.

Euler (Léonard) ses recherches sur les cometes, M. III. 79. Cité, 93, 95. Ses idées pour perfectionner l'optique, 115. Résout le problême des trois corps, 141. Perfectionne le calcul, 166. Recherches sur le flux & le reflux, 160. Sa théorie de Jupiter & de Saturne, 168. Des inégalités de la terre, 170. Du changement de latitude, 172. De la variation

de l'obliquité de l'écliptique, 173. Ses idées sur la figure de Jupiter, 176. Ses recherches sur les cometes, 194. Cité, 206, 228, 231, 234.

Europe, long-tems barbare, M. I. 292.

Européens, organisés pour les progrès des sciences, M. III. 322.

Evandre, porte quelques connoissances en Italie, A. 194.

Evechous, Roi Persan, A. 132.

Excentricité du soleil, supposée par Hypparque, M. I. 87; de la lune, 97. Celle du soleil variable, suivant Arzachel, 237; & suivant Copernic, 356. Partagée en deux par Kepler, II. 51. Horroxe fait varier celle de la lune, 155. Méthode de D. Cassini pour déterminer celle du soleil, 315. Méthode de Halley, 432. Newton la fait varier encore comme Horroxe, 509. Celle du quatrieme satellite de Jupiter III. 67. Sont-elles en général susceptibles de changement? 248. Variations données par la théorie, 250. Elles sont alternatives, 252.

Excentrique, *voyez* Cercle.

F

Fable, on soupçonne qu'elle est une histoire altérée, M. III. 272; ou une allégorie, *ibid.* Peut-être née des hyéroglyphes, *ibid.* Systêmes modernes, 273.

Fabricius (David) M. II. 107.

Fabricius (Jean) M. II. 104, 107.

Fernel, sa mesure de la terre, M. I. 145; II. 34.

Figure de la terre, *voyez* Terre; théorie de M. Clairaut, M. III, 43; de M. d'Alembert, 45. On doute si elle est un sphéroïde, 47.

Figure de Jupiter, est la principale cause du mouvement des nœuds & des apsides des satellites, M. III, 181.

Filxmiller (le Pere) M. III. 132.

Firmanus, Astrologue, M. I. 137.

Flamsteed, M. II. 425, 427, 580, 649, 654. Sa mort, 679.

Fleurieu, M. III. 112; 133.

Fludd (Robert) M. II. 150.

Flux & reflux, causés par la lune, suivant Kepler, M. II. 45. Théorie de Newton sur cet objet, 529. Explication de la double marée dans un même jour, 533. Théorie de M. D. Bernoully, III. 161. Recherches de MM. d'Alembert, Euler, la Place, &c. 162. Ce phénomène n'altère point celui de la nutation & de la précession, 164. Les cometes ne peuvent en causer une considérable sur notre globe, 204.

Fluxions; *voyez* Calcul différentiel.

Fohi, fondateur de l'Astronomie à la Chine, A. 119.

Fontaine, M. III. 206.

Fontana, M. II. 148, 166, 409.

Fontana (le Pere) M. II. 652.

Fontenelle, M. II. 596, 633, 645, 655, 712.
Force animale qui retient les astres, suivant Kepler, M. II. 45. C'est elle qui différencie le mouvement des corps mus par le soleil, 63.
Force attractive, *voyez* Attraction.
Force centrifuge, découverte par Descartes, M. II. 183. On soupçonne ses effets sur le pendule, 357. Ils sont prouvés par l'expérience, 371. Ses loix découvertes par Huyghens, 460. Appartient à tout mouvement curviligne, 498. Eleve la terre à l'équateur, 512. Le fil à plomb ne le feroit pas, si la surface de la terre ne s'étoit pas inclinée, 643.
Force centripete, ou centrale, *voyez* Attraction. Est constante, M. II. 507. Une action étrangère la modifie, 507.
Force d'inertie, M. II. 78.
Forces, idée de la force, M. II. 67. Leur opposition conserve tout, 480.
Fouchy, M. III. 12, 133, 229.
Fracastor, M. I. 323.
François I., M. I. 308.
Franklin, M. III. 255.
Fréderic II., Empereur, M. I. 298.
Fréderic III., Empereur, M. I. 308.
Fréja, A. 325, 326.
Frisi, M. III. 95, 208.
Furtifs, *voyez* Epagomènes.

G

GALILÉE, M. II. 79. Ses découvertes dans le ciel, au moyen du télescope, 86. Soutient le système de Copernic. Persécution qu'il essuie, 128. Sa mort, 138. Cité, 331, 387, 653; III. 62.
Gaïetedin, M. I. 610.
Garipuy, M. III. 133.
Gascoigne, M. II. 269, 273, 426.
Gassendi, M. II. 151, 171, 172.
Gau, mesure indienne, M. I. 151, 520.
Gaubil (le Pere) M. II. 375.
Gaulois, n'étoient point savans, M. I. 294.
Geber, M. I. 602.
Geminus, Astronôme, M. I. 117, 447, 489. Tems où il a vécu, 491.
Gemma, *voyez* Cornelius.
Gemma Frisius, M. II. 175, 634.
Génie, a tout produit sur la terre, A. 262.
Gentil (le) M. III. 105, 107, 131, 133, 199, 229, 258.
Géographie, Hypparque en fait une science, M. I. 112. Traité de Prolémée, 205.
Géométrie, première application à l'Astronomie par Apollonius, M. I. 46. Tort d'Archimede à cet égard, 49. Cette application est le titre particulier & distinctif des modernes, *ibid.* Son étude, moins séduisante que celle de la physique, 178. Unie à l'algebre par Descartes, M. II. 180. Premières découvertes

de Newton, 472. Influence de cette science sur l'Astronomie, III. 135, Union de ces deux sciences, 208. Ce que l'Astronomie auroit fait sans elle, 209. Ce qu'elle a fait avec la Géométrie, 210. Son union avec l'Astronomie est l'ouvrage de Newton, 326. Une méthode complette du calcul intégral pourroit faire faire de nouveaux progrès à l'Astronomie physique, 340.

Gerbillon (le Pere) M. II. 375.

Germanicus Cesar, M. I. 129, 502.

Gian-ben-gian, A. 177.

Gilbert, M. II. 60.

Globe céleste d'Hypparque, M. I. 106; de Ptolémée, 569, de Léontius, 577. A la Chine, 617, 623, 625.

Gnomon, premier de tous les instrumens; son invention, A. 38. Connu des Indiens, 111. Leur sert à distinguer la latitude, 112. Connu anciennement à la Chine, 125, 351. En Chaldée, 383. Renouvelé par Anaximandre, 198, 442. Gnomon de cent quatre-vingt pieds, M. I. 258. Constance des Chinois, 268. Elevé à Sainte-Petrone pour montrer les défauts du calendrier, 391. Erreurs des gnomons anciens, 457. d'Auguste, 498. Si l'image du soleil est reçue par un trou, elle est aggrandie, M. II. 24.

Gnomonique, connue des anciens, M. I. 72.

Godin, M. II. 621; III. 11.

Gonarque, espece de cadran, M. I. 75.

Graham, M. II. 655; III. 17, 109.

Grammatici (le Pere) M. II. 632.

Grange (la) M. III. 156, *voyez* la Grange.

Gravitation, *voyez* Attraction.

Gravité, *voyez* Attraction.

Gréaves, M. II. 151.

Grecs, sont peut-être les premiers qui ont voyagé pour s'instruire, A. 71. Ceux d'entr'eux qui rapportoient des connoissances étoient regardés comme inventeurs, 189. Leurs calendriers, 190. Leur esprit n'étoit pas mûr pour les sciences, 257. Leurs Philosophes ont eu quelques idées heureuses, ont conservé quelques idées acquises, 259. Grecs qui ont voyagé en Egypte, 426. N'ont pris le véritable esprit de l'Astronomie qu'à Alexandrie, M. I. 8. Leur arrivée en Italie y porte la lumière, 308.

Grégoire XIII, M. I. 391.

Gregori (David) M. II. 632, 655.

Gregori (Jacques) M. II. 254, 570.

Grimaldi, M. II. 166.

Gruenberger (le Pere) M. II. 601.

Guillandini, M. I. 428.

Guillaume IV, Landgrave de Hesse, M. I. 372.

Gustave III, Roi de Suede, M. II. 204.

H

HABRECHTUS, M. II. 122.
Hadley, M. II. 572; III. 113.
Hakem, son observatoire, M. I. 254, 597.
Hainzelius, M. I. 380, 427.
Hagecius, *voyez* Thadée.
Halley, M. II. 432, 580, 588, 613, 623, 626, 658, 661, 663, 664, III. 229, 230, 265.
Hali-aben-Rodoan, M. I. 599.
Hamenus, M. I. 603.
Haroun-Alraschid, Calife, M. I. 219.
Harrison, M. III. 111.
Hartchell, M. III. 85.
Hartsoëcker, M. II. 253.
Hasan, *voyez* Isaac Abensid.
Hasen-ben-Mouza, M. I. 580.
Harpalus, A. 224, 451.
Hauteurs, ou ombres correspondantes, Méthode connue des anciens, A. 111. Des Chinois, M. I. 617.
Hauteurs des astres sur l'horizon. Les anciens ne les mesuroient pas, M. I. 60. Servent à trouver l'heure, 315.
Hauteurs du soleil & des astres, égales avant & après midi. Ont servi de toute ancienneté à déterminer le méridien, A. 42. Cette méthode connue des Indiens, *ibid.* & 111. Des Chinois, 126. Hauteur méridienne du soleil donne sa longitude & sa déclinaison; méthode de Copernic, M. I. 364. Méthode des hauteurs correspondantes, 286. En usage en France, 352. L'équation n'est pas connue alors, *ibid.*
Hécatée de Milet, Géographe, A. 444.
Heccœ-Decaeteride, A. 224.
Hegesianax, M. I. 446.
Helicon Cisicene, A. 247, 468.
Héliometre de M. Bouguer, M. III. 122.
Heliopolis, *voyez* Thebes.
Hell, M. III. 106.
Hennert, M. III. 132.
Hemicycle, espece de cadran, M. I. 72.
Heraclides de Pont, M. I. 380, 427.
Hercule, sa vie & ses travaux sont emblématiques, A. 91. Mais les fables dont son histoire est embellie, n'empêchent pas que ce ne soit un personnage réel, & peut-être l'inventeur du zodiaque, 93. Son temple chez les Phrygiens, 153. Hercule, Grec, a rapporté peut-être l'Astronomie en Grece, 183. C'est peut-être un homme du nord, 327. Age de l'Hercule Grec, 425.
Herigone, M. II. 175, 176.
Hermès, *voyez* Mercure.
Hermippe, M. I. 446.
Hesper, la plante de Vénus, A. 30 & 210. Parmenides enseigne qu'Hesper & Lucifer ne sont que le même astre, 457.

Heures, division du jour en soixante heures, A. 70. Connue des Indiens, 110; chez les peuples de l'Asie, *ibid.*; en Chaldée, 141. En douze heures dans la Chaldée, 141. Long-tems marquées par la longueur de l'ombre, 202. Dédiées aux planetes, 410. Moyens de les mesurer, M. I. 61. Ces divisions sont nées des divisions des cadrans, 62. Heures d'abord égales, ensuite inégales, *ibid.* Méthode d'avoir l'heure par la hauteur des astres, 315; par le lieu du soleil, 466. Division singulière du jour, *ibid.* Méthode pour observer l'heure, M. II. 285.

Hévélius, M. II. 216. Sa cométographie, 240, 383, 387. Son Catalogue des étoiles, 454. Son mérite, 456. Sa mort, 679.

Hippo, A. 187.

Hipsicles, M. I. 207, 569.

Hoang-ti, A. 120.

Ho-ching-tien, M. I. 624.

Holagu, restaurateur en Tartarie, M. I. 254, 606.

Holward, M. II. 154, 237.

Homme, image du monde, suivant Tycho, M. I. 436. Ne s'éclaire qu'en changeant de lieu, III. 98. Le secours que l'homme prête à l'homme, est un grand moyen de progrès, 101. C'est en Europe qu'il a déployé son génie, 322.

Hook, M. II. 253, 320, 426, 463. Il excite Newton, 475. Ses tentatives sur la parallaxe des étoiles; 654. Cité, III. 124.

Horloges, de Boëce, M. I. 207; d'Haroun, 219. Premier usage pour mesurer le tems des observations, 321. Horloges à poids, 322. Perfectionnées en Allemagne, 371. Mesurent la différence d'ascension droite, 375. Horloge d'Yhang, 631. Autre à la Chine, 633. On y applique le pendule, M. II. 258. Varient par la température, 268. Leurs progrès récens, III. 109.

Horloges marines, III. 111.

Hornsby, M. III. 106

Horoscope, ancien instrument, A. 197, 433.

Horoscope des villes comme des hommes, M. I. 138.

Horrebow, M. II. 655, 679.

Horroxe, M. II. 152. Sa mort, 156. Cité, 426, 583.

Horsley, M. III. 102.

Hortensius, M. II. 137, 162, 265.

Hôtelleries, noms des signes du zodiaque, A. 475.

Huene, île près du Danemarck, où Tycho a observé, M. I. 388.

Huyghens, M. II. 227, 257. Il applique le pendule aux horloges, 258. Il invente le micrometre, 266. Cité, 391, 394, 657. Sa mort, 679. Cité, 713; III. 267,

Hygin, M. I. 129, 499.

Hypatia, M. I. 207.

Hypparque, fondateur ou restaurateur de

de l'Astronomie, M. I. 78. Commence sa carrière, 80. Ses défauts & son éloge, 116. Son commentaire sur Aratus, 447. Il n'y a qu'un Hypparque, 468. Ce commentaire ne lui a point fait découvrir le mouvement des étoiles, 484. Ses ouvrages 489.

I

JAHJA, M. I. 580.
Jamchid, M. I. 610.
Jans (Zacharie) inventeur du télescope, M. II. 85.
Janson (Guillaume) M. II. 237.
Janus, fable de Janus, A. 99.
Ibn Ionis, M. I. 579.
Jeaurat, M. III. 119, 129, 131, 133.
Jésuites, leur ordre a été utile à l'Astronomie, M. II, 374.
Ignorance, n'a rien produit; elle altere, mais n'invente rien, A. 262. M. I. 226. Demeure la même à la Chine, 265. Elle imite & ne corrige point, 282. Ignorance de l'Europe au septieme siecle, 577.
Impulsion primitive, une des forces qui font mouvoir les planetes, M. II, 479. Elle se conserve dans un milieu sans résistance, 500. Est peut-être, suivant Newton, la cause de la gravité, 557. Cela est difficile à concevoir, 558.
Inclinaison; celle de la lune est variable, M. I. 408. Connue à la Chine, 624. Des satellites de Jupiter, II, 531. D. Cassini croit les quatre égales, 534. De la lune, la théorie donne ses variations comme l'observation, 510; III. 151. Des satellites de Saturne, II. 593. Celle du second satellite de Jupiter est variable, 594. Celles des quatre satellites ne sont point égales, III. 67. Variation de celle du troisieme, 68. Périodes de ces variations, *ibid.*
Inde, ancien nom de l'Ethiopie, A. 156, 294.
Indictions, M. I. 210.
Indiens, ne sont point inventeurs, A. 107. Inepties qu'ils mêlent aux vérités des sciences, 115, 116. Leur chronologie, 107, 329. Leurs Brames sont venus du nord, 334. N'ont rien reçu de l'Astronomie greque d'Alexandrie, M. I. 281.
Inégalité, double dans les planetes, M. I. 101. Il n'y en a plus qu'une, suivant Copernic, 350. Il explique l'inégalité réelle par un épicicle, 360. De la lune; Kepler les attribue au soleil, II. 112. Des planetes, méthode de les déterminer, 292. Inégalité réelle, démontrée par Dominique Cassini, 314; de Jupiter, manifestée par les satellites, 330. soupçonnées dans les mouvemens des satellites de Jupiter, 421; & de Saturne, 592. Constatées dans les mouvemens de Jupiter & de Saturne par M. le Monnier &

J. Caſſini, III. 64. Des ſatellites, 69.

Infini, comment on s'en forme l'idée, M. I. 26. Kepler répugnoit à l'admettre, II. 39.

Informes, étoiles, M. I. 558.

Inſtrumens, néceſſité que les plus anciens Aſtronômes en aient eu, A. 51. Les Chinois en ont eu fort anciennement, 120 & 122. Les Chaldéens, 150. Ce ſont de nouveaux organes, M. I. 62. Ce ſont de nouveaux moyens de progrès, 79. Inſtrumens pour meſurer les diametres, I. 99. Inſtrumens énormes, conſtruits par les Arabes, M. I. 233; de Waltherus, 313; de Copernic, 355; de Reinhold, 367. Perfectionnés par les tranſverſales & le Nonnius, *ibid.* C'eſt leur perfection qui fait les progrès des ſciences, 371. On les fait de métal; Juſte Birge & Tycho les perfectionnent, *ibid.* De Caſſel, 372. Quart de cercle de vingt-un pieds de rayon, 380. Le ſextant eſt imaginé par Tycho, 400. Il roule ſur un globe, 401. Leur vérification due à Tycho, 401. Erreur des anciens inſtrumens, 443, 455. Leur grandeur, 456. De l'Ecole d'Alexandrie, 567. Premier quart de cercle, 568. Niveau appliqué, *ibid.* Grands inſtrumens des Arabes, 598. Inſtrumens chinois cent quatre ans avant notre ère, 617, 623. Inſtrument d'Y-hang à la Chine, 631. Leur perfection en Europe dans le ſiecle dernier, M. II. 264, 270. Micrometre, 266. On y applique les téleſcopes, 270. & les micrometres, 275. Mural, 280. Néceſſité de les vérifier, 298, 347. Donnés par Louis XIV, 347. Menés par des rouages, 464. Réticules, 596. Quartier anglois & octant, III, 113. Perfection des inſtrumens modernes, 121. Héliometre, 122. Micrometre objectif, 124. Micrometre de M. l'abbé Rochon, 125. Lunette à double image, 129. Une des cauſes de notre ſupériorité ſur les anciens, III. 324. Leur perfection pourroit cauſer une révolution dans l'Aſtronomie, 340.

Intelligences qui meuvent les aſtres; Abſurdité de cette opinion, M. II. 48. Rappelée encore en 1695, 652.

Intercalation, a eu lieu dans l'uſage de la période de ſix cens ans, & doit avoir la même antiquité, A. 69. D'un jour tous les quatre ans, connue chez les Indiens, 112. Connue à la Chine, 124. Intercalation lunaire, *ibid.* Des Perſes tous les cent vingt ans, 130. Abhorrée en Egypte, 165. Les Prêtres qui en ſont chargés, la négligent à Rome, 437. Intercalation biſſextile à Rome, M. I. 127; chez les Arabes, 217. Ingénieuſe d'Omar & des Perſes, 251.

Jordanus Brunus, M. II. 31.

Jours épagomènes, A. 160. Inventés, dit-on, à Thebes, 161. Jour de vingt-quatre heures observé par Pitheas, 255. Division du jour, 70, 110, 329, 383. Mal connue à Rome, 438; en Grece, 445. Les différens peuples le commencent à différentes heures, 385, 400. Jours solaires, leur inégalité, M. I. 90. Jour astronomique, 91; M. II. 284.
Iris, *voyez* Aberration.
Irradiation, M. II. 385; III. 199.
Isaac-Abensid-Hazan, Auteur des Tables alphonsines, M. I. 299.
Isaac-Ben-Honain, M. I. 579.
Isidore, M. I. 376.
Isochronisme des pendules, découvert par Galilée, M. II. 82.
Juan (Don Georges) M. III. 18.
Julius Firmicus, M. I. 207, 570.
Jupiter, hypothèse de Ptolémée, M. I. 192, 552. Ses taches découvertes par Zucchi, M. II. 165. Sa figure applatie, 327. Sa masse, 495. Sa période de quatre-vingt-trois ans, 582. Son mouvement paroît s'accélérer, 583. Sa surface paroît livrée au ravage des eaux, 715. C'est l'effet de la grande chaleur, 717. Il est encore brûlant, 728. Ses inégalités, III, 64. Travaux des Astronômes, 131. Théorie de ses dérangemens, 168. Sa figure est la principale cause du mouvement des nœuds & des absides de ses satellites, 180. On croit que sa rotation n'est pas uniforme, 227. Variation de son excentricité, 249.
Juste Birge, M. I. 372.

K

Keil, M. II. 672.
Kepler, M. II. 5. Héritier & successeur de Tycho, 12. Son ouvrage sur l'optique, *ibid.* Sur l'étoile du Serpentaire, 33. Son Commentaire sur Mars, 43. Il applanit le chemin de Newton, 62. Progrès de ses idées, 72. Ses Tables rudolphines, 95, 125. Ses *Harmonices mundi*, 115. Sa pauvreté, sa mort, 125. Injustice de Riccioli; mérite de Kepler, 127. Comparé à Descartes, 192. On l'a lu d'abord sans l'entendre, 210. Les modernes lui doivent leur première supériorité, III. 323.
Kian-ki, M. I. 624.
Kirch, M. II. 678.
Klingenstierna, M. III. 117.
Klinkenberg, M. III. 132.
Koblay, M. I. 679.
Kœstner, M. III. 132.
Kratzenstein, M. III. 132.

L

Labourage, facile en Egypte, M. III. 285. Dans le nord on laboure au printems, 287.
La Grange, M. III. 156. Sa théorie

des mouvemens de l'axe lunaire, 166. Sa Théorie des satellites de Jupiter, 177. Sa Théorie du mouvement des nœuds des planetes, 185. Ses recherches sur le retour des cometes, 206; sur les équations séculaires, 232. Cité, 249.
La Lande, M. III. 65, 79, 101, 108, 131, 133, 170, 175, 180, 230.
La Hire, M. II. 257, 327, 385, 387, 388, 581, 597, 611, 619, 626, 628, 630, 695.
La Hire (fils) M. II. 400.
Langrenus (Michel) M. II. 216.
Lansberg (Philippe) M. II. 154.
La Place, M. III. 49, 156, 162, 208, 232. Son idée nouvelle sur la transmission de la gravité, 238. Cité, 249, 250.
Lapprey (Jean) M. II. 84.
Lasus Magnes, M. I. 446.
Latitudes des astres, Hypothèses de Ptolémée, M. I. 194. Tycho apperçoit que celles des étoiles changent, 407. Kepler détruit toutes les librations imaginées pour les changemens des latitudes, M. II. 112. Changement de celle des étoiles, constaté par Halley, 663. Ce changement est propre aux étoiles, & n'est pas le même que celui qui a été remarqué par Tycho, *ibid.* M. Euler donne la cause du changement observé par Tycho, III. 172.
Latitude terrestre, première latitude observée à Marseille, A. 256. Connue à la Chine, 351; aux Indes, 112, en Grece, 464. D'Alexandrie, M. I. 83. Au moyen du gnomon, 113. D'Alexandrie, 460. Celle de Samarcande bien observée, 610. Observée à la Chine, 629.
Laval (le pere) M. II. 622.
Laurentius, M. I. 575.
Leibnitz, M. II. 720; III. 137.
Lemery, M. III. 156.
Leontius, M. I. 577.
Leucippe, A. 229, 457.
Lever héliaque d'une étoile, A. Disc. p. XIV. Levers & couchers des étoiles, sont les plus anciennes observations. On en a fait en Chaldée, 144, 353. Bien observés par les anciens, 430. Observés en Arabie, M. I. 216. Levers & couchers des étoiles expliquent les fables, suivant M. Dupuis, III, 273.
Lexell, M. III, 79, 83, 108.
Libration de la lune, découverte par Galilée, M. II. 133. Observée par Gassendi, 172; par Hévélius; il découvre celle de longitude, 223. Dominique Cassini en trouve la cause, 397.
Lictemberg, M. III. 132.
Lieou-hiao-tsun, M. I. 628.
Lieou-hong, M. I. 624.
Lieou-tcho, M. I. 628.
Liesganig, M. III. 41, 132.
Lieues de trois milles, M. I. 514. La circonférence de la terre en contient neuf milles, II. 348.

Lieutaud, M. II. 678.
Li, mesure chinoise, M. I. 521.
Li-fang, M. I. 621.
Limites des éclipses, assignées par Ptolémée, M. I. 183, 542.
Linemann, M. II. 214.
Linus a chanté l'Astronomie, A. 186. Sa période, 187.
Lion, signe du domicile du soleil, A. 316. A été transposé dans le ciel, M. III. 295, 299.
L'Isle (de) M. II. 380, 588, 628, 663; III. 96, 131.
Logarithmes; Kepler attribue leur invention à Juste Birge, M. I. 373. Inventés par le Baron de Neper, II. 108. Employés pour la première fois dans les Tables rudolphines, 125.
Loia-hong, M. I. 617.
Longitude terrestre, connue anciennement à la Chine, 351. Déterminée par les éclipses, M. I. 115. Connue à la Chine, 277. Différence anciennement mesurée, 464. Observée à la Chine, 629. Kepler la cherche par les éclipses de soleil, II. 27. Galilée par les satellites de Jupiter, 135; & Peiresc, 171. Méthode de Morin par la lune, 175. Méthode des taches de la lune, 216. Des satellites de Jupiter, 329. De D. Cassini par les équinoxes, 589. De Halley par le saros de la lune, 635. Degré mesuré en longitude, III. 38. Méthode des horloges marines, 110. Prix du Parlement d'Angleterre, *ibid.*; & des autres nations, 111.
Longomontanus, M. II. 140, 427.
Louis XIV, M. II. 521.
Louis XV, M. III, 4.
Louville, M. II. 275, 616, 626, 628, III. 7.
Loxodromie, courbe décrite par un vaisseau, traitée par Nonnius, M. I. 370.
Lucifer, Planete de Vénus, A. 30 & 210, *voyez* Hesper.
Lumière, son inflexion observée par Grimaldi, M. I. 166. Systême de Descartes, 193. Lumière reçue par les planetes, 401. Zodiacale, 411, *voyez* ce mot. Elle n'est point instantanée; sa vîtesse est mesurable, 417. On en doute d'abord, 418. Cette découverte a été confirmée depuis, 421. Différente des satellites de Jupiter, 451. Théorie de Newton, 561. Sa décomposition, 562. Est envoyée du soleil, 564. Les cometes en réparent la perte, 567. Sa réfrangibilité, 568. Son mouvement progressif confirmé par Bradley, 670. Elle est l'évaporation du soleil, 692. Mesure de celle des satellites de Jupiter, III. 71. Expérience fausse de Newton, 117. De la lune éclipsée, 200. Des étoiles, moyen de la mesurer, 335 Du cinquieme satellite de Saturne, moyen de la mesurer, 336.
Lune, son mouvement propre sur le

premier connu, A. 25. Ses phases furent l'objet des premières observations, *ibid.* Explication de ses phases, 26. Elle est ronde & sphérique, *ibid.* Sa route est inclinée à l'écliptique, 51. Inégalité de son mouvement, 52. Période de cette inégalité, *ibid.* Les Indiens la croient plus éloignée que le soleil, 116. Explication de ses phases par Bérose, 136. Sa lumière est empruntée, suivant les Chaldéens, 139. La période de son inégalité, connue en Chaldée, 140. Lune, terre éthérée, 168. La lune est la soixante-douzieme partie de la terre, suivant les Egyptiens, 174. La lune a une lumière propre, suivant Thalès, 200. Habitable, suivant Anaxagore, 205. Animaux de la lune, quinze fois plus forts que les nôtres, 213. Dragon qui veut dévorer la lune, superstition ancienne & générale, 337. Son mouvement bien connu des Chaldéens, 380. Sa querelle avec le soleil, 521. Sa distance estimée par Aristarque, M. I. 16, 18, 448. Il estime aussi sa grandeur relative à la terre, *ibid.* Par Eratosthenes, 39. Sa latitude connue d'Hypparque, 94. Sa parallaxe, *ibid.* L'inégalité de son mouvement, 97. Ses distances mesurées par Hypparque, 99. Sa lumière cendrée, connue de Possidonius, 120. Sa distance donnée par Possidonius, 122. Seconde inégalité de la lune, découverte par Ptolémée, 172. Sa route ressemble à un ovale, suivant Reinhold, 366. Troisieme inégalité découverte par Tycho, 407. Il découvre l'inégalité du mouvement de ses nœuds, & la variation de son inclinaison, 408. Il apperçoit la quatrieme inégalité, & en fait une équation du tems, *ibid.* Sa révolution déduite par nous de la période de six cens ans, 451. Connoissance de son mouvement, perfectionnée par Hypparque, 475. Sa révolution, suivant Geminus & Eudoxe, 490. Ses mouvemens vérifiés par Ptolémée, 534. L'épicicle & l'excentricité ne suffisoient pas pour la lune, 536. Distances mal connues de Ptolémée, 537. La parallaxe trop grande, *ibid.* Ses révolutions, suivant les Chinois, 620 & 634. Elle est éclairée par la terre, M. II. 22. Ses taches crues des erreurs de la vue; Kepler fait voir que la lune est semblable à la terre, 23. Il lui suppose une atmosphère, 27. Il avance qu'elle est attirée par la terre, 45. Galilée la voit hérissée de montagnes & semblable à la terre, 87. Il mesure ces montagnes, *ibid.* Sympathie de la lune & de la terre suivant lui, 133. Sa libration découverte par lui, *ibid.* Son excentricité variable, suivant Horroxe, 155. Oscille comme un pendule, suivant Vendelinus, 158,

Ses observations proposées pour les longitudes, 175. Hypothèses de Bouillaud, semblables à celles d'Horroxe, 212. Langrenus se sert de ses taches pour les longitudes, 216. Selenographie d'Hévélius, 217. Il s'occupe de sa théorie, 219. Question de son atmosphère, 383. Idées sur ses taches, 387. Seche, sans eaux & glacée, 388. Sa rotation découverte par D. Cassini, égale à son mouvement de translation, 396. Seconde lune soupçonnée par Dominique Cassini, 449. Est troublée par le soleil, 505. Ses apsides ont un mouvement, suivant la théorie, 507. Newton n'a qu'ébauché la solution du problême de ses inégalités, 508. La théorie donne le mouvement de ses nœuds, 510. Sa masse estimée par Newton, 532. On a cru que la terre tournoit autour d'elle, 605. Ses fulminations, 626. Premières Tables dressées sur la théorie de Newton, 632. Erreurs des Tables observées par Halley, pour l'usage des longitudes, 635. Sa ressemblance avec la terre, 712. Sa surface paroît sans eaux, 714. C'est l'effet du froid, 717. Est glacée, 728. Sa figure, III. 54. Egalité du mouvement des nœuds de son équateur & de son orbite, *ibid.* Elle a une atmosphère, mais si petite qu'elle paroît prête à s'anéantir, 97. Observations de cette planete par M. le Monnier, 131. Ce qui restoit à faire dans sa théorie, 141. Travaux de MM. Clairaut, d'Alembert & Euler, 141. La théorie indique toutes les équations fournies par les observations 149. Ses Tables par M. Clairaut, 155; par M. Maïer, *ibid.* Sa force déterminée par M. d'Alembert, 159; par M. D. Bernoully, 161. Ses inégalités de figure font l'égalité de sa rotation & de son mouvement périodique 166; & celle du mouvement des nœuds de son équateur, & du mouvement des nœuds de son orbite, 167. Sa lumière quand elle est éclipsée, 200. Son origine, suivant M. de Maupertuis, 216. Sa ressemblance avec la terre sur le coup qu'elles ont reçu, 226. Son équation séculaire, 234.

Lunettes, *voyez* Télescope.

Lunette méridienne, M. II. 600.

Lyons, M. III. 133.

M

Mac-Laurin, M. III. 160.

Magie, liée à l'Astronomie en Chaldée, A. 135.

Maïer, M. III, 132.

Maïer (Tobie) de Gœttingue, M. III. 93, 131, 155, 169, 171, 234.

Maire, M. III. 41.

Mairan, M. II. 409, 413, 415, 606, 722; III. 217, 223, 267.

Maisons, noms des signes du zodiaque, A. 475.
Mallebranche, M. II. 379.
Mallet, M. III. 132.
Malvasia, M. II. 267.
Manethon, Astronôme Egyptien, est livré à l'Astrologie, M. I. 31.
Manfredi, M. II. 655.
Manilius, M. I. 129, 497.
Manlius, M. I. 498.
Manlius (Théodore) M. I. 573.
Manuscrits orientaux, M. I. 638.
Maraldi (l'oncle) M. II. 321, 385, 451, 452, 581, 594, 597.
Maraldi (neveu) M. II. 593; III. 36, 67, 69, 73, 131, 133.
Marées, connues de Possidonius, M. I. 121. Expliquées par Newton, II. 529.
Maria (Dominique) M. I. 338; II. 390.
Marin de Tyr, Géographe, M. I. 147.
Mariotte, M. II. 613.
Marivetz (le Baron de) M. III. 268.
Marius (Simon) M. II. 102, 103; III. 258.
Mars, hypothèse de Ptolémée, M. I. 192, 552. Fait connoîtrre l'imperfection des théories, 314. Son mouvement difficile à expliquer, II. 43. On lui a cru un satellite, 148. Fontana lui voit une tache, 166. Découverte de sa rotation, 319. Sa parallaxe sert à trouver celle du soleil, 365. Maraldi examine sa théorie, 583. Ses taches, 603. Sa théorie rectifiée par M. de la Lande, III. 131. Ses dérangemens, 170.
Martianus Capella, M. I. 574.
Maskeline, M. III. 31, 41, 105, 112, 132.
Mason, M. III. 41, 106, 132.
Masse des corps, M. II. 488; du Soleil, de Jupiter, de Saturne, 495. Estimée de la lune, 532. Celles des Satellites de Jupiter, III. 139. Les cometes n'en ont qu'une petite, 196, 222.
Matérialisme, source de l'Astrologie, A. 268. Les systêmes de Roger Bacon & de Leibnitz, M. I. 306.
Mathias Corvin, M. I. 308.
Mateucci, M. III. 132.
Maupertuis, Flamand, M. II. 145.
Maupertuis, Géometre François, M. II. 700; III. 7, 13, 216
Maurepas, M. III. 12.
Maurolicus, M. II. 340.
Mechain, M. III. 75, 133.
Melander, M. III. 132.
Melicshah, Restaurateur en Perse, M. I. 250.
Menelaüs, Astronôme, M. I. 134, 503.
Mercator, M. II. 213.
Mer, sa profondeur, M. III. 163.
Mercure, son vrai mouvement connu, A. 57. Des Egyptiens, 170. Silence de Ptolémée à cet égard, 412. Son hypothèse sur cette planete, M. I. 191, 548. Raison de ce silence, 196. Averroès croit le voir sur le soleil,

Soleil, 241. Alpetragius lui donne une lumière propre, 244. Sa route ressemble à un ovale, suivant Rheinhold, 367. Observé par Sosigènes, qui a peut-être connu son vrai mouvement, 495. Ses phases observées, M. II. 94. On le voit sur le soleil, 151. Shakerlœus se rend à Surate pour le voir sur le soleil, 157. Passage observé par Hévélius, 233; par Halley, 435. Ces passages peuvent donner la parallaxe, *ibid.* Sa théorie rectifiée par M. de la Lande, III. 131.

Mercure Trismégiste, le même que Thot & Butta; le premier Mercure, le plus ancien, vivoit avant le déluge, A. 79, 317. Age des trois Mercures, 151, 356. Instruisit l'Ethiopie, 159, 397. Ses observations, 160. Il n'est point un emblême, 319. Auteur de la division du zodiaque, 496. Observations qui lui sont attribuées, 587.

Méridien, cercle fictif, son invention, A. 38. Premier méridien fixé aux îles fortunées, M. I. 114. Différences des méridiens, observées par les éclipses, *ibid.* Hagecius propose de faire dans le méridien les observations qu'on faisoit dans les azimuths; sa méthode n'est point reçue alors, 376. Différence entre Arbelle & Carthage, 464; *voyez* Longitude; ils ne sont peut-être pas semblables, III. 46. Cette question vaudroit la peine d'être résolue, 52.

Méridienne, ligne, méthode de la tracer, M. II. 286. Méridienne de l'observatoire, prolongée dans le Royaume, 350. On soupçonne qu'elle peut changer, 354, 389. Filaire, 589. Celle de France vérifiée, III. 34.

Mers supposées dans la lune, M. II. 387. On y voit des cavités, 388.

Mersenne (le Pere) M. 570.

Messalah, Juif, M. I. 225.

Messier, M. II. 451, 587; III. 75, 80, 258.

Mesure de la terre dans les tems anciens, A. 77; par les Chaldéens, 146; par Eratosthènes, M. I. 35; par Dionisiodore, 37. Méthode pour cette mesure, *ibid.* Quatre mesures différentes nous ont été conservées, 145. Ne sont qu'une même mesure, 149, 505. Anciennes mesures géographiques à la Chine, 152. La mesure ancienne de la terre est très-exacte, 157. Elle est telle qu'elle a dû être prise au quarante-neuvieme degré, 159. Mesure de la terre par Possidonius, 164. Autre mesure citée par Cléomede, 166. Des Arabes, 222, 581. A la Chine, 267. Hypparque s'en est occupé, 487. De Possidonius, 528. Citée par Cléomede, 530. Les anciens n'ont pas toujours fait ces mesures sous le même méridien, 531. Mesure chi-

noise, 629. Méthode de Maurolicus, M. II. 340; de Riccioli, 341; de Snellius, 342; de Norvood, *ibid.* Mesure de France, 343. Mesures rapportées à un même niveau, 347. Mesure de France, vérifiée, 348; de Blaeu, *ibid.* De sept degrés en France, 637. Paroissent diminuer comme ceux de l'orbite de la lune, 638. Huitieme degré, 639. Mesure proposée par les degrés des parallèles, III. 6. Mesure des degrés au pôle, 13; à l'équateur, 18. On y mesure le méridien, & non l'équateur, 21. Mesure vérifiée du degré de Picard, 35. L'erreur étoit dans sa base, *ibid.* Cette erreur corrigée concilie toutes ces mesures, 38. D'un degré de longitude. Mesure de M. de la Caille, 40; & d'autres Astronômes, 41. Ces mesures altérées par les montagnes & par le voisinage de la mer, *ibid.*

Mesure. Chaque étendue a sa mesure, M. I. 55. Mesure des angles, 56. Rapport de toutes les mesures anciennes, 152. Ces mesures ont été réglées sur celle de la terre, 156, 509. Tableau général des mesures anciennes, 526.

Mesure universelle, M. II. 355.

Mesure de dix coudées, analogue à notre perche, M. I. 524.

Metius (Jacques) M. I. 84.

Meton, A. 224, 451, n'est point l'inventeur de sa période, 226, 451.

Metrodore, A. 231.

Meurisse, M. II. 366.

Michell, M. II. 687, 707.

Micromètre, a pu être connu de Coche-ou-King, M. I. 279, 636. Son invention en Europe, M. II. 266. Perfectionnée par Malvasia, 267; par Auzout, 268. Revendiqué par Gascoigne, 269. Appliqué aux quarts de cercle, 275. Son usage, 283.

Millœus, M. I. 504.

Mille arabe; sa mesure, M. I. 148; 528, 582. Mille de trois mille coudées à Florence, 514; grec, 515; romain, *ibid.* Hébreu, 518. Mille italique, 528, 582.

Mnesistrate, A. 223.

Mobile, premier mobile; sphère du ciel, qui, suivant les anciens étoit la cause du mouvement journalier des astres & du mouvement des étoiles en longitude, A. 48; M. I. 491.

Mœstlin, maître de Kepler, M. I. 382, 396, 410; M. II. 5, 22, 25, 71, 121, 597.

Mohamed-ben-Mousa, M. I. 580, 583.

Mois astronomiques réglés sur le soleil, connus des Indiens, A. 112, 336. Pleins & caves des Grecs, 193. Mois de seize & de trente-cinq jours en Italie, *ibid.*, 435. Mois de trente jours établis avant le déluge, 307. Mois de quinze jours aux Indes

&, à la Chine, 336. Origine de ces mois de quinze jours ; 486. Mois chinois, 350. Mois des Perses, 354. Des Mexicains de vingt jours, M. I. 287. Anciens mois égaux chez les Chinois, 620.

Molieres (l'abbé de) M. III. 267.

Molyneux (Samuël) M. II. 655.

Monde, sa durée ; accord des différens peuples à cet égard, A. 10 & 305. Idées de Pythagore sur sa formation, 212. Sa figure est celle des élémens, 215. Tradition sur sa naissance, 392, 414, 483. Passage d'un ancien monde dans celui que nous habitons, 520. Sa fin prédite par les Astrologues, M. I. 245. Sa forme est sphérique, suivant Copernic, 340. L'homme est son image, suivant Tycho, 436. A une forme plus large que longue, suivant Varron, 495. Kepler répugne à son étendue infinie, II. 39. Comment Kepler le divise, 114. Est plein, suivant Descartes, 181. Idées de Halley sur son étendue infinie, 664.

Mondes, pluralité des mondes, connue en Egypte, A. 168 ; d'Anaximandre, 200 ; de Pythagore, 213, 447 ; de Xenophanes, 228, 456. Métrodore, 231. Les Indiens en comptent quinze, mais ce ne sont pas des planetes, 321. Opinion renouvelée par Jordanus Brunus, M. II. 31. Rajeunie par Huyghens & par Fontenelle, 712.

Monnier (le) M. II. 384 ; III. 13, 59, 64, 73, 93, 94, 131, 133, 265.

Montagne, M. II. 409 ; III. 133.

Montagnes qui environnent *la terre*, A. 520, 522. Mesurées par Eratosthènes, M. I. 445. Lunaires, leur hauteur mesurée par Galilée, II. 87 ; de Vénus, 604 ; de notre globe ; attirent les corps, première preuve, III. 27. Seconde preuve, 30. Observations de M. de la Caille, 31 ; de M. Maskelyne, *ibid.* Cette attraction influe sur la mesure des degrés, 41.

Morin (J. B.) M. I. 428 ; II. 174 ; 634.

Morveau, M. II. 492.

Mouton, M. II. 223, 356.

Mouvement, sa décomposition ; Fracastor en a la première idée, M. I. 327. Tous les points du système solaires peuvent être des centres apparens du mouvement, 342. Il est naturellement en ligne droite, II. 46. Progrès des connoissances à cet égard, 59. Idée du mouvement, 65. Galilée en donne la première notion exacte, 79. Il en établit la composition & la décomposition ; tout mouvement curviligne est composé, 80. Loix de Descartes, 181.

Mouvement circulaire, le premier connu dans le ciel, A. 39. Préjugé des mouvemens circulaires, *établi*

par Pythagore, 210. Origine de ce préjugé, M. I. 56. Mouvement circulaire, mesure des angles, *ibid.* Doit être uniforme, suivant Copernic, 341. Est le caractère de l'antiquité, II. 1. Il n'y en a point de tel dans la nature, 46. La cause du mouvement circulaire est dans le centre, suivant Kepler, 57. C'est la rotation du soleil, suivant Kepler, qui fait mouvoir les planetes circulairement. Mouvemens circulaires détruits par Kepler, 71. N'a point été décomposé par Descartes, 185. Bouillaud y tenoit encore, quoique partisan de Kepler, 210.

Mouvement des planetes, expliqué par celui du premier mobile, par Alpetragius, M. I. 242; par les cieux solides de Purbach, 309; par Fracastor, 323. Mouvement composé des cometes II. 247; de tous les corps célestes, 462. Progrès modernes de la connoissance de ce mouvement, III. 130.

Muharran, mois de paix chez les Arabes, M. I. 217.

Muller, *voyez* Regiomontanus.

Munosius, M. I. 382.

Mural, M. II. 280.

Murdoch, M III. 102.

Musée, supposé l'inventeur de la sphère; A. 184. C'est lui qui a peut être donné les noms aux constellations, *ibid.* & 512.

Musique des astres, suivant Pythagore, A. 214, 447.

Mydorge, M. II. 175.

Mystères, en usage partout dans l'antiquité, peut-être sagesse chez les anciens, A. 134, 172. Ils couvroient la doctrine de Pythagore, & furent funestes à ses disciples, 217. Chez les anciens Suédois, 322.

N

NABONASSAR, A. 146.

Nassiredin, Astronôme Persan, M. I. 254, *606*, *607*.

Nature, sa simplicité est une idée ancienne, renouvelée par Kepler, M. II. 3. Idées de Kepler, 41, 42. Celles de Descartes, 180. Newton démontre la simplicité de ses loix générales, 486. Elle est simple dans son systême, 554. Elle manifeste l'attraction, 555.

Nausica, A. 187.

Nauteles, A. 233.

Navarre, M. III. 129.

Navigation, par les étoiles, A. 426.

Nébuleuses, étoiles connues des anciens. M. I. 557. Découverte de celle d'Andromede, II. 103; d'Orion, 228. Les vraies n'ont point d'étoiles visibles, 257. Histoire de celles d'Andromede, 258. On croit qu'elles peuvent changer, 259. On ignore leur nature; ce sont des espaces lumineux, énormes, 261. Derham

les croit plus loin que les étoiles, 262.
Necepsos, Astronôme Egyptien, A. 169, 416.
Neper (le Baron de) M. II. 108.
Nessa, mois des Arabes, M. I. 217.
Neuruz, A. 130.
Newton (Jean) M. II. 157, 208.
Newton (Isaac) son Idée pour régler la chronologie, A. 509. Il vient comme pour séparer la lumière des ténebres, M. II. 471. Il confirme la première loi de Kepler, 474; la seconde, 475; la troisieme, 485. Enchaînement de ses idées, 528, 530, 574. Son livre des principes 559, 573. Sa modestie, 560. Caractère de son génie, 575. Les premiers qui ont appliqué sa théorie en Angleterre & en France, 632. Sa mort 679. On commence à suivre ses principes en France, III. 7. Avoit eu idée de l'octant, 113. Son système est le résultat des découvertes déjà faites, 326; & la base des découvertes futures, 327.
Nicetas de Syracuse, A. 221.
Nicolas V, M. I. 308.
Nigidius, Astrologue; ses prédictions, M. I. 138, 496.
Niveau, connu & appliqué aux instrumens anciens, M. I. 568.
Nœuds, ceux de la lune, A. 51. Découverte de leur mouvement, 53. Ce mouvement peut être connu en Grece, 243, 460, 463. Inégalité de ce mouvement, M. I. 408. Connu à la Chine, 624. La théorie donne leur mouvement, comme l'observation, II. 510; III. 151. Des planetes, paroissent se mouvoir, II. 582. La Hire a cru que la ligne des nœuds pouvoit ne point passer par le soleil, 631. Libration de ceux des satellites de Jupiter, III. 69. Les nœuds de toutes les orbites sont en mouvement, 171. Ceux des cometes rétrogrades ont un mouvement direct. 196.
Nolthius, M. I. 411.
Nonnius (division de) M. I. 368, 370.
Nord, c'est le nord de l'Asie qui a éclairé le monde : preuves, 1°. la période de cent quatre-vingt ans, dont les Indiens ont quelque notion, A. 76, 96. 2°. Les pélerinages des Indiens en Sibérie, 96. 3°. Les lamas sont Bramanes, 97. 4°. La fable du phœnix appartient au nord, 97. 5°. Observations anciennes, faites sous la latitude de seize heures, ou de quarante-neuf degrés, 100, M. I. 362, 563. 6°. Zoroastre décrit un pays où le plus long jour de l'été est double du plus long jour d'hiver, A. 100. 7°. Temple à la Chine, dédié aux étoiles du nord, 101. 8°. Les fables mêmes montrent une marche suivie du nord vers le midi, 103. Voyage au nord par Pithéas. Il n'est pas le premier, 255. On y peut placer l'origine des Atlantes, 286.

Le ciel n'eſt point contraire aux obſervations vers le nord de l'Aſie, 323. On y trouve l'origine de bien des peuples, 327. Partage égal des conſtellations, qui ſemble avoir été fait ſous le pôle du nord, 365. Brames jadis établis en Tartarie, M. I. 275. La meſure de la terre peut avoir été faite vers la latitude de quarante-neuf degrés, 159, 278. Nord de l'Europe, plus anciennement peuplé, 192. La fête d'Adonis y a ſon origine, 293.

Norvood, M. II. 342.

Nubacht, M. I. 583.

Numa, regle l'année, A. 194, 436. Plus ancien que Pythagore, 437.

Nutation de l'axe de la terre, M. III. 58. Théorie de M. d'Alembert, 157.

O

Obélisques, ſont des gnomons, A. 175, 321. Trés-anciennement terminés en boule, *ibid.* D'Auguſte, M. I. 497.

Obliquité de l'écliptique, connüe des Indiens, A. 112. Soupçonnée de vingt-cinq degrés, *ibid.* 333. Sa variation peut être connue en Egypte, 167; en Grece 242, 460. Cette obliquité ſe déduit de l'obſervation de Pitheas, à Marſeille 256, 471. Meſurée par Eratoſthènes, M. I. 33, 454. Vérifiée par Hypparque, 83. Variable, ſuivant Thebith, 228, 590. De vingt-quatre degrés à la Chine, 269. Fracaſtor remarque ſa diminution, 331. Eſt libratoire, ſuivant Copernic, 357. Il lie ſa variation à celle de la préceſſion, *ibid.* Il attribue ces mouvemens à nôtre globe, *ibid.* Obſervation d'Eratoſthènes, appréciée, 455, 459. Obſervée chez les Arabes, 579, 599, 602, 608. Par Albategnius, 593. Décroiſſante, ſuivant Alhodham, 608. Obſervée par Ulug-beg, 612; & par les Chinois, 619, 636. Vendelinus renoüvelle l'idée de la variation, II. 160. Obſervée par Gaſſendi, 171. Méthode de l'obſerver, 290. Obſervée à Caienne, 368; par Louville, 616. Il renouvelle l'idée de ſa diminution, *ibid.* La Hire le combat, 619. M. Godin prend ſa défenſe, 621. Sa variation eſt conſtatée, III. 173; mais reconnue libratoire, 174.

Objectifs, *voyez* Verres.

Objet de l'Aſtronomie, A. Diſcours p. II.

Obſervation, premier objet de l'Aſtronomie, A. Diſcours, p. V. Obſervations ſuivies à la Chine, 126; en Chaldée, 144. Obſervations d'éclipſes, 168. Première obſervation faite en Grece, 226. Obſervation faite par Ariſtote, 244. On peut dire que les Grecs n'en ont point fait, 258. Obſervations d'éclipſes, 410. Obſervations perdues, 411.

Les observations suivies ne datent que de l'École d'Alexandrie, M. I. 6. Observations perdues, I. 84. De Cassel, 573. Méthodes réformées par Tycho, 398. Méthode des plus grandes & des plus petites hauteurs, due à Tycho, 402. De Tymocharis, 444. D'Hypparque, 468. Erreur des observations anciennes, 448, 455, 45.. Des observations arabes, 581. Observation d'Hermès, 587. Leur perfection dans le siecle dernier, II. 272. Méthode de les faire, 284. Tables de la Hire, construites sur les seules observations, 630. De Flamsteed, 650. Il conserve longtems la méthode des distances, *ibid.* De la lune par M. le Monnier, III. 131. Recueils des observations de Londres & de Paris, 133.

Observatoire de Tycho, M. I. 389; de Coppenhague, II. 141, 208; d'Altorf, *ibid.*; d'Hévélius, 217; de Paris, 278. Toît tournant, 279; de Gréenwich, 431. Différens observatoires en Europe, 678; du Prince de Croy, III. 94.

Occultations, des étoiles, M. II. 297.

Octaéteride de Cléostrate, A. 223, 237, 450.

Octant de Hadley, M. III. 113.

Oculaires, *voyez* Verres.

Ogygie, île, A. 325.

Olivier, M. III. 133, 254.

Omar Cheyam, Perse, M. I. 250.

Ombre de l'anneau de Saturne, M. II. 402.

Ombre de Jupiter, M. I. 329.

Ombre de la terre, est conique; remarque d'Aristote, A. 245. Sa largeur estimée par Aristarque, M. I. 18. L'atmosphère de la terre y contribue, II. 623.

Ombre des satellites de Jupiter, M II, 450.

Oppositions, des planetes au soleil; observées d'abord par Ptolémée, M. I. 192. Tycho les déterminoit relativement au lieu moyen du soleil. Kepler montre l'absurdité de cet usage, M. II. 50.

Optique, traité de cette science par Ptolémée, M. I. 204, 560; par Alhazen, 237. Cultivée par Kepler. II. 12. Perfectionnée par Descartes, 193, 198; par MM. Euler & Dollond, III. 116. N'a pas fait les progrès qu'on espéroit, 120.

Oriani, M. III. 132.

Orientaux, nés sous un ciel chaud; pour l'esclavage & pour l'ignorance, A. 362. N'ont rien fait que par la constance des travaux, M. III. 322.

Origines, toujours un peu incertaines, M. I. 476.

Orion, Astronôme, M. I. 476.

Orphée, le premier Poëte Grec, a chanté l'Astronomie, A. 185, 425. Sa période, 187.

Osimandué, ancien Roi, sa couronne;

A. 178. Son tombeau existe encore, 523.
Osiris, pleuré pendant quarante jours, A. 104, 325.
Ostanès, Astronôme Persan, A. 135.
Ourse, ses étoiles anciennement connues, A. 294; M. I. 32. Servent à naviguer, A. 426. D'abord la grande, ensuite la petite, 427. La petite surnommée phénicienne, 441. Connue des Iroquois, 286.
Ovale de D. Cassini, M. II. 315.
Ovale, déjà indiqué par Rheinhold & par Mœstlin, pour représenter le mouvement des planetes, M. II. 71.
Oxfort, M. II. 151.

P

PAGAN, M. II. 208.
Palamede, auteur de la division de la nuit, A. 189.
Palmes, mesure, M. I. 512. Sa valeur, 515.
Pappus, M. I. 207, 572.
Pâque, réglée par le cicle de Methon, M. I. 208; par Denis le Petit, 209.
Parallactique (instrument) *voyez* le mot instrument.
Parallatique (machine) première idée de cette machine, M. I. 403; II. 601.
Parallaxe, sa définition, M. I. 95. Comete qui en a une, 410.
Parallaxe de la lune, découverte par Hypparque, M. I. 94, 475, 477. Devient la mesure des distances, 97, 478. Ptolémée la détermine, 175; en longitude, en latitude, 177. Connue à la Chine, 279. Celle de Ptolémée est trop grande, 537. Calcul de cette parallaxe par Ptolémée, 539. A la Chine, 633. Kepler s'en occupe, II. 27. Méthode générale pour l'observer, 300. Déterminée exactement en Europe, III. 101. Elle varie à cause de la figure de la terre, 102. M. Murdoch la cherche par la théorie, *ibid.*
Parallaxe du soleil; Hypparque doute qu'il y en ait une, M. I. 99. Méthode de Ptolémée pour la déterminer, 179, 541. Variations de Kepler à cet égard, II. 113. Il l'estime d'une minute. Vendelinus la réduit à 15″, 160. Méthode générale pour l'observer, 300. Opinions différentes, 363. Dominique Cassini la réduit d'abord à 12″, 364. Sa méthode par la parallaxe de Mars, 365. Il la réduit ensuite à 9″½, 367. Halley la détermine par le passage de Mercure, 436. Parallaxe de 45″, 437. Méthode par le passage de Vénus, *ibid.* M. Horsley la cherche par la théorie, III. 102. Fixée avant les passages de Vénus, à 10″, 104. Incertaine par le passage de 1761, 106. Fixée à 8″½ par celui de 1769, 108.

Parallaxe

Parallaxe du grand orbe ; parallaxe annuelle née du mouvement de la terre, fournit le moyen de mesurer les distances des astres, M. I. 357 ; II. 302. Des étoiles ; tentatives pour la découvrir, 653, 669. Flamsteed croit la découvrir ; J. Cassini démontre l'erreur, 654. J. Cassini croit celle de Sirius de 6″, 656. Expériences & calculs d'Huygens, 658. On ne la connoîtra peut-être jamais III. 60. Méthode pour en tenter la mesure, 62.

Parasange, sa mesure, M. I. 148. Réglée sur la circonférence de la terre, 509. Evaluée par M. Danville, 518.

Parmenides, A. 229, 457.

Parménion, inventeur d'une espece de cadran, M. I. 74.

Pas d'Hérodote, égal à peu près au pas géométrique, M. I. 515. Mesure des plus anciens Perses, 517. Chinois, 521, 524.

Pascal, M. II. 175, 613.

Passages de Vénus & de Mercure, *voyez* ces mots.

Passages (instrument des) M. II. 600.

Paul de Midelbourg, M. I. 427.

Paulus, M. I. 572.

Peiresc, M. II. 159, 169.

Pelecinon, espece de cadran, M. I. 75.

Pendule, connu des Arabes, M. I. 246. Cette connoissance n'a peut-être pas été inventée chez eux, 248. La réinvention a été revendiquée pour Juste Birge, 373. Elle paroît appartenir à Galilée, II. 82. C'est lui qui en établit l'isochronisme ; il s'en sert pour mesurer le tems de la chûte des corps, 83. On s'en sert dans les observations, 234. Son application aux horloges, 258. Sa longueur fixée pour battre les secondes, 259. Il s'alonge par la chaleur, 263. Moyen d'y remédier, 264. Mesure universelle, 355. Inégalité soupçonnée dans sa longueur, 357. Son accourcissement à l'équateur, 369. Ce phénomène est confirmé, 373. Mesuré par M. Bouguer, III. 25. Il faut l'accourcir sur les montagnes, 26.

Pénombre, inconnue aux anciens, distinguée par Kepler, M. II. 21.

Pensilia, cadrans portatifs, M. I. 75.

Perche, mesure connue à la Chine, M. I. 524.

Périhélie, M. II. 292. Méthode de J. Cassini, 584.

Périodes, lunisolaires, leur découverte, A. 53. Celle de 18 ans 11 jours, & celle de 19 ans, connue avant le déluge, 65. A la Chine, 122, 349. En Grece, 224, 308, 451. La période de six cens ans est du même tems, 66 & 309. A été réellement inventée par les Astronômes de ce tems, 309 & suiv. Connue des Chaldéens, 140. Période de 3600 ans connue des In-

diens, 111. 331. A la Chine, 121. En Chaldée, 140. Période de 12 ans, connue à la Chine, 122. En Chaldée, 140, 380. Elle n'est que la révolution de Jupiter, 141. Les noms des années sont des noms d'animaux, 344. Période de l'intercalation chez les Perses, 130, 354. de 18 ans 11 jours, connue en Chaldée, 139, 378. Période de 54 ans, aussi en Chaldée, 140, 378. De 1460 ans en Egypte, 163. De 36525 ans, 165. Période olympique de 2 ans, de 4 ans, 193, 237. De 8 ans chez les Romains, 195. Chez les Grecs, 223, 450. De 59 ans, 220, 221, 448. De 82 ans, 230, 458. De 160 ans, 237. De 76 ans, 249. De 2484 ans, 265; M. I. 19. De 18 ans, A. 308. Périodes imaginaires des Indiens, 328. De 12000 ans, 392. Prétendue période de 36525 ans, expliquée, 165, 404. De 25 ans en Egypte, 405. Période de 180 ans, 77, 342. Soupçon de son origine, M. II. 7. De 5552 ans, A. 468. De 10800, 120, 920, 9984, de 365, de 7767, de 36000, de 18000, de 15000, de 12000, de 28000, de 3000, de 12954, de 10884, de 9977, de 657000, de 1753200 ans, 469, I. 625. Périodes singulières indiquées par Achilles Tatius de 350635 ans pour Saturne; de 170620 ans pour Jupiter; de 120000 ans pour Mars, A. 470. Période des fixes de 36000 ans, suivant Hypparque, 110. De 532 ans de Denis le Petit, 209. De 28 ans, cicle solaire, 210. De 15 ans, indictions, *ibid.* Période julienne de 7980 ans, 210. Connoissances à la Chine, qui pourroient rappeler les périodes prétendues greques de 18000 & de 36000 ans, 271, 625. Des Mexicains de 52 ans, 287. Cabalistique de 49 ans & de 7 ans, 299. De 49000 ans, 300. Période de 600 ans, connue d'Hypparque, 469. Périodes de 6585⅓ jours; de 19756 jours; de 4267 mois; de 5458 mois, de 251 mois, examinés par Hypparque, 474. De 360 ans solaires, 585. De 120 ans lunaires, *ibid.* Période de 19 ans, connue à Siam, 614; à la Chine, 916. Périodes chinoises de 4617, 1559, 143127, & de 76 ans, 621. De 1520, de 4560 ans, 622. Période de 60 ans, y sert pour les jours & les années, *ibid.*

Pérou, pyramides qui y sont dressées, M. III. 24.

Perrault, M. II. 257.

Perses, anciens, A. 129. Leur chronologie, 353. Leur Astronomie, 354. Leurs anciennes Tables, M. I. 605. Persans modernes, 609.

Pesanteur, sa variation sur le globe, M. II. 371. Méditations de Newton sur ce phénomène, 473. Etendue jusqu'à la lune, 474. Confondue

avec l'attraction, 476. *Voyez* ce mot. C'est elle qui retient la lune, 481. Diminue en allant du pôle à l'équateur, & plus qu'on ne croyoit, III. 25 ; & sur les montagnes, 26.
Petau, son Uranologion, M. I. 447 ; II. 169.
Pétersbourg, son Académie, M. II. 178 ; III. 52.
Petosiris, Astronôme Egyptien, A. 169, 416. Auteur d'un planisphère, 506.
Peucer, M. I. 385.
Peuples, d'abord chasseurs, ensuite pasteurs, enfin agriculteurs, M. III. 283. Le zodiaque en montre des vestiges, 284.
Phaëton, origine supposée de sa fable, A. 188.
Phainus, maître de Méton, A. 224. n'a point de part à sa période, 452.
Phases, de Vénus & de Mercure, semblables à celles de la lune, M. II. 94.
Phéniciens, ont appliqué l'Astronomie à la navigation, A. 154.
Phœnix, emblême du soleil des pays septentrionaux, A. 97. Emblême de la période sothique, 164.
Pherecide, son gnomon, A. 197.
Philippe III, Roi d'Espagne, M. III. 111.
Philippe, Duc d'Orléans, Régent de France, M. III. 111.
Philippe Medmœus, A. 248, 464.
Philippe Opuntius, A. 248.
Philolaüs, A. 219.
Philoponus, M. I. 211.
Philosophie, ses voyages tracés par Lucien, A. 156. Elle vint de l'Asie en Grece, 185. Fondée en France par Gassendi, M. II. 172 ; & par Descartes, 177.
Phocéens, établis à Marseille, M. I. 294.
Phrygiens, plus anciens que la lune, A. 153.
Picard, M. II. 273, 327, 344. Son voyage à Uranibourg, 352. Cité, 378, 380.
Pichincha, montagne du Pérou, M. III. 26.
Pictet, M. III. 132.
Pied romain, mesure, M. I. 512 ; Grec, 513 ; Philetérien, *ibid.* ; Italien, *ibid.* ; de Drusus, 514. Pied d'Herodote, 515 ; Chinois, 521.
Pierres, les anciens gravoient sur des pierres, A. 22, 145, 324.
Pilgram, M. III. 132.
Pingré, M. III. 74, 83, 105, 106, 108, 112.
Pinnules, inconnues au tems d'Archimede M. I. 22. Ce que c'est, 59. inventés par Hypparque, 480.
Planetes, leur découverte, A. 29. Tantôt directes, tantôt rétrogrades, sujettes à deux inégalités, 55. Leurs stations, leurs apparitions d'abord observées, *ibid.* Leur ordre dans l'univers, 56. Connues des Indiens, 116 ; des Chinois, 123 ; des Chaldéens, 138. Observées en Egypte, 168. Ont chacune une sphère, 211.

Eclipsées par la lune, 244. Prétendue explication de leurs inégalités par les Pythagoriciens, 446. Leurs *noms*, 516. Les caractères qui les désignent, 518. Hypparque n'ose entreprendre la théorie des cinq planetes, M. I. 100. Leur ordre, suivant Ptolémée, 188. Ptolémée explique les deux inégalités, 190, 547. Leur théorie par Purbach, 309; par Fracastor, 323. Selon lui, ce sont leurs cercles, & non elles, qui se meuvent, 324. La cause du mouvement n'est point en elles, 325. Sont toujours à la même distance, suivant Fracastor, 330. Leurs théories par Copernic, 350. Leur inégalité expliquée par un épicycle, 360. Leurs révolutions, suivant les anciens, 481. Suivant Vitruve, 501. Leurs grandeurs par Ptolémée, 542. Leurs révolutions, suivant les Persans modernes, 609. Observées à la Chine, 630. Nouvelles planetes créées par Kepler, II. 10. Il a d'abord cru qu'elles avoient une lumière propre, 30. Il trouve la cause de leur mouvement dans le soleil, 56. C'est son atmosphère qui les fait circuler, 60. Kepler les compare à des aimans, 61. Ne décrivent point des cercles, 71. Loi de leurs révolutions, 119. Leur formation, suivant Descartes, 187. Leur position déterminée, en les comparant aux étoiles, 291. Elémens de leur théorie, 292. Leurs grandeurs, 304. Leur lumière reçue, 401. Leurs habitans, 402. L'attraction est une des deux forces qui les fait mouvoir, 477. L'impulsion primitive est l'autre, 479. Un seul pouvoir les assujettit toutes, 484. Leurs masses, 495. Comment elles s'éloignent & se rapprochent du soleil, 497. Se meuvent dans le vide, suivant Newton, 501. Leurs apsides immobiles, suivant lui, 502. Agissent les unes sur les autres, 504. Leur théorie examinée par la Hire & par Maraldi, 581. Leurs apsides & leurs nœuds paroissent se mouvoir, 582. Leur ressemblance extérieure, 712. Leur mouvement paroît avoir eu une seule cause, 719. C'est le choc d'une comete, 720. Ont toutes été liquides & brûlantes, 726. Leur réfroidissement, 727. Soleils éteints, 731. Dérangent les cometes, III. 85. Astre singulier de 1781, qui est peut-être une planete, *ibid.* Progrès de la connoissance de leur mouvement, 130. Théorie de leurs dérangemens par M. Euler, 168, 170. Oscillation de leurs nœuds & de leurs inclinaisons, 186. Changent les révolutions des cometes & le tems de leur retour, 191. Une même cause les a lancées dans l'espace, 219. Leur rotation vient de l'obliquité du coup qui les a frappées, 225. Semblent se mouvoir

plus vîte lorsque la force d'impulsion diminue, 235. Peuvent être dérangées par les cometes, 243. Leur moyen mouvement & les dimensions de leurs orbes sont un objet éternel de recherches, III. 337.

Planisphère où étoient marquées deux mille cinq cens étoiles à la Chine, A. 126. Un autre de quatorze cent soixante, 494, trouvé à Rome, 504, à Acmin en Egypte, 505. De Ptolémée, M. I. 565. De Sinesius, 573. De Bayer, II. 149.

Planmann., M. III. 132.

Plantade, M. II. 623.

Platon, A. 233, 459.

Pléïades, leur occultation bien observée, A. 430. Constellation la plus anciennement observée, 477. Annonçoient le printems, ont commencé l'année, 478. Appelées le Poisson en ancien persan, 479.

Plein, systême de Descartes, M. II. 181.

Plethre, Mesure, M. I. 512. Sa valeur, 515.

Pline, passage corrompu de Pline, A. 371; M. I. 130.

Pluche, cité & combattu, A. 288.

Plutarque, M. I. 130.

Poczobut, M. III. 132.

Poitevin, M. III. 133.

Polaire, étoile connue des Chinois, A. 120. C'étoit α du Dragon, *ibid.* Cette étoile leur sert à trouver la ligne méridienne, 126. Il n'y avoit point d'étoile polaire au tems de Pytheas, 256. C'étoit κ du Dragon du tems de Chiron, 427. Nommée le Pasteur, le Roi, 474. Connue des Iroquois, M. I. 286. Indiquée par Vitruve, 502. Autre étoile polaire connue à la Chine, 629.

Pôle, ancien instrument, A. 383.

Pôle, méthode d'observer sa position & sa hauteur, M. II. 289. On a cru qu'il pouvoit changer de lieu, 389.

Polémarque, A. 241.

Poleni, M. III. 5.

Porphire, M. I. 569.

Possidonius, M. I. 118.

Pound, M. II. 327, 451.

Précession, inégale, suivant Copernic, liée par lui à la variation de l'obliquité de l'écliptique, M. I. 357. Sa quantité déterminée par Tycho, 406. Théorie de Newton, M. II. 519. De M. d'Alembert, III. 157. Recherches de M. de la Place, 164. Lunaire, recherches de M. d'Alembert; théorie de M. de la Grange, 166. Celle de la terre est altérée par l'action des planetes, 172.

Problême des trois corps, sa solution, M. III. 143. Elle fait l'honneur de notre siecle, 154. Elle confirme le systême de Newton, 155.

Proclus, M. I. 207, 495, 574.

Projections, méthode des projections, due peut-être à Apollonius, M. I. 48. Son usage pour les cartes célestes, 107.

Prométhée ; origine ſuppoſée de ſa fable, A. 187.
Profpanclina, eſpece de cadran, M. I. 74.
Proſperin, M. III. 82, 132.
Proſtahiſtoroumena, eſpece de cadran, M. I. 73.
Ptolémée Philadelphe, Roi d'Egypte, reſtaurateur de l'Aſtronomie, M. I. 4.
Ptolémée, Aſtronôme, M. I. 170. L'hiſtoire de ſes vraies découvertes eſt difficile, *ibid.* Comparé à Hypparque, 172. A travaillé beaucoup & mérité ſa réputation, 206. S'eſt approprié ſouvent ce qui n'étoit pas à lui, 481. Sa patrie, 533. Sa cenſure minutieuſe, 534. Arrangeoit, ou plutôt choiſiſſoit les obſervations, 553. Ses ouvrages, 561. A été obſervateur, 566.
Purbach, Aſtronôme, M. I. 309.
Pyramides d'Egypte, orientées, A. 176, 418. Leur ancienneté, 177. Dreſſées au Pérou, M. III. 24.
Pythagore, A. 207. Il eſt le premier qui fut nommé Philoſophe, 209. Ses idées ſur la formation de l'univers, 212. Fin de ſa ſecte, 222.
Pitheas, A. 255. Obſerva la latitude de Marſeille, 256, 471.

Q

Quart de cercle, *voyez* Inſtrument.
Quartier Anglois, M. III. 113.
Queſtions ſur le ſyſtême du monde; M. III. 214.
Queues des cometes; Appian remarque qu'elles ſont toujours oppoſées au ſoleil, M. I. 366. De la même nature que leur corps, ſuivant Regiomontanus, 412. Leur déflexion obſervée par Tycho, 413. Scintillation apperçue par Hévélius, M. I. 242. Ce ſont des vapeurs, ſuivant Newton, 549. Sont dues à la répulſion, ſuivant M. Oliver, III. 254.
Quiétanus, M. II. 152.
Quito, on y meſure un degré de l'équateur, M. III. 19.

R

Rayon astronomique, inſtrument, M. I. 368. Premier inſtrument de Tycho, 379.
Raſſad, obſervatoire tartare, M. I. 254.
Ratte (de) M. III. 133.
Réduction à l'écliptique, connue de Ptolémée, M. I. 188, 543. A la Chine, Y-hang l'a connue, 630.
Réformation du calendrier, *voyez* Calendrier.
Réfraction, première idée de ſes effets, M. I. 119. Connue de Cléomede, 125. Elle éleve les aſtres, *ibid.* Connue de Ptolémée, 200. Théorie de ce phénomène, 201. On croyoit qu'il étoit borné à l'horizon, 202. Ptolémée a vu qu'elle

accourcissoit les diametres, 203, 560. Bien développée par Alhazen, 237, 601. Méthode d'Alhazen pour l'observer, 241. Reconnue par Waltherus, 323. Tycho en apperçoit l'effet dans les observations, 403. Peut être variable, suivant les lieux, 404. Attribuée aux vapeurs grossières, *ibid.* Bornée à quarante-cinq degrés, *ibid.* Tycho croit que la distance des astres y fait quelque chose, & qu'il y a des réfractions différentes pour les différens astres, 405. Cesse à quarante-cinq degrés, suivant Tycho, II. 13. Kepler l'étend jusqu'au zénith, 15. Comparée dans l'air & dans l'eau, 14. Les réfractions sont les mêmes pour tous les astres, 15. Different sur la terre, 16. Observées à la nouvelle Zemble, 17. Leurs loix découvertes par Descartes & par Snellius, 195. Théorie de Descartes, 196. La lumière se rompt à chaque pas dans l'atmosphère, suivant Linemann, 215. Méthode de les observer, 300. Travail & hypothèse de Dominique Cassini, 359. Cassini enseigne, & l'observation démontre qu'elles s'étendent jusqu'au zénith, 362. Inégales la nuit & le jour, l'été & l'hiver, le matin & le soir, 380. Plus petites à l'équateur, 381. Plus grandes en Suede, *ibid.* Epicicloïde, courbe de la réfraction, 611. Travail de M. Bouguer, III. 90. Sont plus petites sur les montagnes, leurs limites, 91. M. le Monnier démontre qu'elles changent avec la température, 92. Travail de M. Maïer & de M. de la Caille, 93.

Réfraction horizontale, déterminée par Tycho le prémier, M. I. 404. Expérience d'Hauxbée, 607, & de de Lisle, 608. Elle est proportionnelle à la densité de l'air, 609 & 610. Méthode de M. le Monnier, III. 94.

Réfraction lunaire, découverte par M. du Séjour, M. III. 96.

Reggio, M. III. 132.

Regis, M. II. 379.

Reinieri, M. II. 137, 165.

Reisacherus, M. I. 383.

Religion, éloigne Tycho du systême de Copernic, M. I. 418. Elle n'y est point contraire, *ibid.*

Résultats des observations; connoissances acquises dans le ciel, second objet de l'Astronomie, A. Discours prélim. p. vj.

Réticules de fils inclinés, M. II. 596. pour les éclipses, 597. Rhomboïdes, *ibid.*

Rétrogradations des planetes, phénomène singulier, A. 54. Première explication par les épicicles, M. I. 46. Vraie explication de Copernic, 350.

Révolution, il y a eu une révolution qui a changé l'état des choses, &

qui a détruit les ſciences, A. 59. Ce qui nous en reſte renferme, non des élémens, mais des débris, 18. Les différentes révolutions des aſtres ont produit autant de meſures du tems, dont on a tenu compte, 90, 295. Révolution des planetes, ſuivant les anciens, 481. Suivant Vitruve, 501. Leur loi, M. II. 119.

Rheinhold, M. I. 366; II. 71.

Rheita, M. II. 101, 147.

Rheticus, M. I. 361; II. 43.

Riccioli, ſon injuſtice envers Kepler, M. II, 127. Ses ouvrages, 166. Cité, 238. Sa meſure de la terre, 341. Cité, 457.

Richer, M. II. 366.

Roberval, M. II. 273.

Rochon, M. III. 125.

Roemer, M. II. 416, 419, 600, 655, 679.

Roger Bacon, M. I. 302. Veut réformer la philoſophie, 305.

Romulus, année de Romulus, A. 194.

Rook, M. II. 213, 426.

Rotation du ſoleil, devinée par Kepler, M. II. 60. Sa découverte, 104. Des étoiles, 239. De Jupiter, 317. De Vénus, 321. Elle eſt perpendiculaire, 325. On ſoupçonne celles de Saturne & de Mercure, 326. Mais on ne peut les découvrir, 404. Soupçonnée des ſatellites, 452. Peut être ſemblable à celle de la Lune, 453. Celle de Jupiter ſemble variable, 602. Des étoiles, 705. Du ſoleil, déterminée par pluſieurs Aſtronômes, III. 131. De la Lune, recherches de M. d'Alembert; théorie de M. de la Grange, 166. Celle du Soleil eſt la cauſe du mouvement des planetes, ſuivant M. Bernoully, 223. la rotation des planetes vient de l'obliquité du coup qui les a frappées, 225. Celle de la Terre eſt-elle uniforme, 227. On a eu des ſoupçons ſur celle de Jupiter, *ibid.*

Rothman, M. I. 372.

Rowley, M. II. 655.

Roy (le, Julien) M. III. 109.

Roy (le, ſon fils) M. III. 112.

Roy (le, ſon autre fils) de l'Académie des Inſcriptions, M. I. 146.

Rumouski, M. III. 132.

Runes, pierres ſur leſquelles les Suédois écrivoient, A. 324.

Ruſſie, pourroit réſoudre la queſtion de la diſſimilitude des méridiens, M. III. 52.

S

Sacrobosco, M. I. 298.

Sage (le) M. III. 269.

Saiſons, diviſion en ſix ſaiſons, M. I, 216. Au Mexique, 288. Leur différence expliquée par Copernic, 352.

Salaheddin, M. I. 610.

Salivaganam,

Salivaganam, Roi Indien, A. 115, 335.
...ire, a eu différentes durées, A. 296. De 222 mois, *ibid.* de 223, *ibid.*, 307. De 60, de 600 & de 3600 ans, 377, 379. Halley s'en sert pour les longitudes, M. II. 635. M. le Monnier suit cette idée, III. 131. Remarques de M. le Gentil à cet égard, *ibid.*
Saron (le Président de) M. III. 86.
Satellites, leur origine, suivant M. de Maupertuis, M. III. 216.
Satellites de Jupiter, découverts par Galilée, M. II. 90. Ils sont semblables à la Lune, 92. Simon Marius prétend à la découverte, 102. On leur donne les noms des maîtresses de Jupiter, 103. ..i croit en voir de nouveaux, 148. Peyresc fait connoître leur révolution. Vendelinus montre qu'ils observent les loix de Kepler, 159. Leurs éclipses, 329. Leur orbite inclinée, 331. La durée des éclipses est inégale, *ibid.* Dominique Cassini croit leurs inclinaisons égales, 334. Font connoître la vîtesse de la lumière, 417. Inégalités soupçonnées dans leurs mouvemens, 421. Ils ont des taches, 450. Leur rotation soupçonnée, 452. Elle pourroit être semblable à celle de la lune, 452. Equation de la lumière, 592. Inclinaison variable du second, 594. Leurs excentricités, III. 67. Mouvement de leurs apsides, *ibid.* Libration de leurs nœuds, 69. Leurs inégalités, *ibid.* Progrès de leur théorie & de leurs Tables, 70. En s'éclipsant, leur lumière doit diminuer par degrés, *ibid.* Cause d'inégalités optiques indiquées par M. de Fouchy, 71. Déterminées par M. Bailly, *ibid.* Leurs nœuds paroissent directs, quelle en est la cause, 175. Perturbations du soleil, 176. Théorie de leurs inégalités par M. de la Grange, 177. Essais de M. Bailly sur le même sujet, *ibid.* Leurs masses, 179. Cause de la variation de leurs nœuds & de leur inclinaison, 180. Oscillation singulière de ces nœuds, 184. Ils offrent encore beaucoup de travaux, 332.
Satellites de Saturne, Huygens en découvre un, M. II. 231. D. Cassini en découvre quatre autres, 391. Astres de Louis; ce nom ne leur est pas resté, 393. Ils suivent les loix de Kepler, 394. Le cinquieme disparoît souvent, 395. Cause soupçonnée par D. Cassini, 398. Halley s'occupe de leur théorie, 592. Ils offrent encore beaucoup de travaux, III. 332. Moyen de mesurer la lumière du cinquième, 336.
Satellite de Vénus. D. Cassini croit en voir un, M. II. 407. M. Short & M. Montagne l'ont cru voir depuis, 408. On doute cependant de son existence, 409.

Saturne, personnage qui pourroit être né dans le nord; A. 325.
Saturne, planete observée particulièrement chez les Chaldéens & dans le nord, A. 325, & 362. Hypothèse de Ptolémée, M. I. 192, 552. Sa figure singulière apperçue par Galilée, II. 92. Ses apparences mal expliquées par Hévélius, 225, bien expliquées par Huyghens, 228. Huyghens lui découvre un satellite, 231. D. Cassini, quatre, 391. Ses taches, 402. Elles semblent hors de son globe, comme l'anneau, 403. On ne peut découvrir sa rotation, 404. Sa masse, 495. Son mouvement paroît se ralentir, selon Flamsteed, Maraldi, J. Cassini & M. le Monnier, 583; III. 64. Est encore brûlant, II. 728. Ses inégalités, III. 64. Autre dérangement observé, 65. Travaux des Astronômes, 131. Théorie de ses dérangemens par M. Euler, 168. Doit avoir une rotation, 219. Variation de son excentricité, 250.
Savery, M. III, 124.
Scaliger, sa période, M. I. 211, 396. Son explication de la scintillation des étoiles, M. II. 37.
Scaphé, espece de cadran, M. I. 73. Inventé par Aristarque, 454.
Schaal (le Pere) M. I. 374.
Schah-Arschin, mesure, M. I. 325.
Scheiner (le Pere) M. II. 104. Sa *Rosa ursina*, 144, 601.
Schœne égyptien, sa mesure, M. I. 151. Originaire d'Asie, 512. Evalué par M. Danville, 518, 520. Persien, 524.
Schiller (Jules) son ciel chrétien, M. II. 150.
Sciences, mystérieuses chez les anciens, A. 134, 171, 223. L'intérêt personnel a corrompu leur culte, M. I. 319. Leur union apperçue par Kepler, II. 19.
Scopas, inventeur d'une espece de cadran, M. I. 74.
Scorpion, occupoit jadis deux signes, M. I. 484.
Sécantes, leur usage commence dans le calcul astronomique, M. I. 365.
Sedileau, M. II. 678.
Séjour (du) M. III. 82. Sa théorie des éclipses, 198. De l'anneau de Saturne, 200. Ses recherches sur la lumière de la lune éclipsée, *ibid.* Ses recherches sur les cometes, 201. Sa méthode pour déterminer leur orbite, 206. Cité, 217, 221, 253.
Sélénographie, *Voyez* Carte de la lune.
Seleucus d'Erythrée, A. 221.
Semaine de sept jours, connue des Indiens, des Chinois & des Egyptiens, A. 63, 159. Noms des jours chez les Indiens, 336. Dédiée aux sept planetes, 62, 408. Les Grecs ne les ont adoptées que fort tard, 453. Au Pérou, M. I. 286.

Seneḍ, M. I. 583.
Seneque, ses connoissances, sa prédiction, M. I. 130, 543.
Ser, pays de Ser, le même que la Syrie ou l'Asie, A. 284.
Serpent, emblême du monde, du tems des révolutions, A. 515.
Sésostris, fait faire des cartes, A. 443.
Seth, est, dit-on, l'inventeur de l'Astronomie, A. 283.
Sethward, M. II. 151, 208, 211.
Sextant, *voyez* Instrumens.
Shah Cholgius, Astronôme Persan, M. I. 147, 608.
Shakerlœus, son voyage, M. II. 157.
Sharsedaula, Calife, M. I. 222, 596.
Short, M. II. 327, 408; III. 106, 124, 131.
Shulze, M. III. 132.
Siamois, leur Astronomie est d'une date récente, M. I. 283. Expliquée par D. Cassini, *ibid.* 612. Ne tiennent leur Astronomie ni de Chine, ni de Ptolémée, 615.
Siene, sa distance à Alexandrie, M. I. 458.
Signes du zodiaque, distingués des constellations, A. 421. Signes combinés, signe azigos, 423. Observés par Cléostrate, 450. Signes du zodiaque chez les Indiens; leurs conformités & leurs legères différences avec les nôtres, 487. Ont porté dans l'Asie anciennement les noms des années de la période de douze ans, 493. Dédiés aux douze grands Dieux, 495. Désignés d'abord par des noms tirés de la vie pastorale, 498. Inventés en Asie, 499. Les caractères qui les désignent aujourd'hui, viennent des hieroglyphes, 514. Il y en a toujours eu douze, 484. Leurs noms ont pu être transposés, 588. Different des constellations, M. III. 279. Leurs noms ont signifié quelque chose, 281. Ne sont chez les Indiens & les Chinois que la douzieme partie de la course solaire, 302. Ont reçu des noms relatifs aux travaux de l'année, 305. Ne sont que des divisions que les Indiens additionnent & multiplient, 307. C'est postérieurement qu'ils sont devenus des constellations; c'est l'ouvrage des Chaldéens, 309. Les douze ne faisoient jadis qu'onze constellations, 311.
Signes caractéristiques du mouvement du soleil, incertains quant à leur objet & quant au tems de leur institution, M. III. 301. Ils ont été placés tard, 304. Ils appartiennent à la révolution tropique, 306. Ils ont été pourtant appliqués à la révolution sidérale, *ibid.*
Silvabelle (Saint-Jacques) M. III. 133.
Simplicius, M. I. 576.
Sinus, calculés de deux en deux secondes par Juste Birge, M. I. 373. Les Arabes les premiers en ont fait usage, 586, 596.

Siringes, souterreins où furent les colonnes de Thot, A. 284.

Sirius, étoile, *voyez* Canicule. On lui a cru une parallaxe de six secondes, M. II. 656.

Sixte IV, M. I. 390.

Slope, M. III. 132.

Snellius, M. II. 162, 195, 342.

Sobieski, M. II. 455.

Socrate, A. 222.

Sœpher, M. III. 133.

Soleil, son mouvement journalier, apparent, fut le premier connu, A. 24. Son mouvement propre, apparent, découvert, 28. Inégalité de ce mouvement, 49. Connue des Indiens, 112. Tradition égyptienne sur un changement de son cours, 167. Est un feu pur, suivant Thalès, 200. Suivant Anaxagore, 203. Se meut en ligne droite, suivant Xenophanes, 228. Décrit une spirale vers les pôles, suivant Cléanthes, 248. Tous les Dieux sont ses symboles, 316, 320. Levers & couchers extraordinaires du soleil, 166, 405, 407. Tradition sur le changement du mouvement du soleil, 405. Sa distance estimée par Aristarque, M. I. 16; par Eratosthènes, 39. Sa grandeur par le même, 42. Son inégalité découverte par Hypparque, 86. Sa distance par le même, 99; par Possidonius, 122. Sa théorie vérifiée par Albategnius, 228, 593. Son immobilité enseignée par Aristarque, 452. Méthode d'observer le soleil par les éclipses de lune, connue des Chinois, 624. Kepler lui suppose une atmosphère, II. 27[illegible]. Il rectifie la théorie de cet astre, 5[illegible]. Sa vertu motrice, comparée à la lumière, 59. Sa rotation devinée par Kepler, 60. Ses taches découvertes par Galilée, 92. Sa forme elliptique à l'horizon, 145. Sa parallaxe assez bien établie par Vendelinus, 160. Son diametre mesuré par Gassendi, 172. Sa formation, suivant Descartes, 186. Son diametre fort bien mesuré par Mouton, 234. Tables de son mouvement par Dominique Cassini, 315. Sa parallaxe & sa distance par D. Cassini, 367. Sa masse, 495. Environ mille fois plus puissant lui seul que tous les corps de notre systême, 496. Il cede lui-même à l'attraction des planetes, 503. Méthode de Flamsteed pour l'observer, 589. Doit se mouvoir, 664. Systêmes de soleils, 687. Sa masse paroît liquide, 690. A un noyau solide, 695. Ce noyau se consume, 697. Sa vraie distance, sa grosseur, III. 109. Sa théorie par M. de la Caille, 131. Ses inégalités, 170. Est déplacé par les planetes, effets sensibles de ce déplacement, 191. Variation de son excentricité, 250. Il n'est pas en repos, il doit avoir un mouvement de translation dans l'espace, 263.

Solon, corrige l'année en Grece, A. 191.

Solstices. Leur découverte, A. 39. Leur distance mesurée, 42. Trouvée d'abord de vingt-quatre degrés, 43. De toute antiquité à la Chine, 119. Détermination du solstice par Chueni à la Chine, 124. C'est l'épaisseur de l'air vers les pôles, qui fait rebrousser le soleil, selon Anaxagore, 204. Première observation du solstice, faite en Grece, 226. Observée par Aristarque, M. I. 18. Hypparque y substitue l'observation des équinoxes, 86 Observés au Pérou, 285. Méthode de les observer, II. 290. Méthode de Halley, 588. De Flamsteed, 589.

Sonnerie, les anciens en avoient une à leurs Horloges, M. I. 68. Mais ce n'étoit qu'un signal; le nombre des heures n'étoit pas indiqué, *ibid.* Connue en Asie, M. I. 219.

Sosigenes, auteur du calendrier Julien, M. I. 127, 494.

Sothique, période Sothique, A. 164.

Sphère, *voyez* Armilles. Connue des Chinois, A. 120, 343, 350. Division de la sphère apportée dans la Grece par Thalès, 196. Pythagore en établit douze, 211. Multiplication des sphères, 240. Son invention très-ancienne, 292. D'Eudoxe, 424. Sphères persienne, indienne & barbarique, 488, 507. Epoque présumée de l'arrivée de ces sphères à Babylone & en Grece, 490. Sphère greque, 512. Ce mot signifioit d'abord les constellations, il ne signifie plus que l'assemblage des cercles du ciel, M. I. 29. Sphère parallèle, droite & oblique, 30. Cette science des cercles de la sphère est due à l'Ecole d'Alexandrie, 31. Hypparque rapporte le premier à ces cercles le lieu des astres, 82. Sphères des astres, rétablies par Fracastor, 326. Distinction des sphères, 497. Sphère tracée dans le ciel, II. 291. Trois sphères, III. 276. La barbarique & la persienne se ressemblent, l'indienne en differe tout-à-fait, *ibid.* Indienne, son examen; elle est la plus antique, 292. Persienne, son examen, 294. Des pasteurs; ne doit contenir que des noms d'animaux. Ceux de la période de douze ans en sont un reste, 297. Persienne est la source de la nôtre, mais avec de grandes différences, 298. Sphères semblent naître les unes des autres, 300.

Spirale, mouvement en spirale pour expliquer celui des planetes en latitude, M. I. 243. Fracastor en fait usage, 329.

Spole, M. II. 382.

Stade alexandrin, sa mesure, M. I. 149, 509. Stade d'Eratosthenes, sa mesure, 149. Quatre stades résultent des quatre mesures de la terre,

Leur valeur, 150. Stade d'Eratosthènes, 458. Reglés sur la circonférence de la terre, 509. Second stade, *ibid.* Troisieme & quatrieme stades, 510. Notre évaluation est la plus exacte, 511. Ce nom est originaire d'Asie. Stade asparèze, 512. Autre stade, 515. Stade Grec, 519.

Stations des planetes, ce que c'est, A. 54. Première explication par les épicicles, M. I. 46. Vraie explication de Copernic, 350.

Steles, colonnes où étoient gravées les connoissances humaines, A. 260, 284, 318.

Stile, vieux & nouveau, M. I. 395.

Stirling, M. III. 43.

Stoffler, M. I. 426.

Stokolm, son Académie, M. II. 628.

Street (Thomas) M. II. 213.

Struik, M. III. 74.

Suédois, très-anciens, M. I. 292.

Su-Gang. M. I. 633.

Su-Kang, Astronôme Chinois, M. I. 279.

Sully, M. III. 109, 111.

Sulpitius Gallus, prédit une éclipse, M. I. 125, 182.

Supériorité des Orientaux; les Egyptiens doivent avoir emprunté d'eux, M. III. 275. Cela se prouve par la comparaison des sphères, 276.

Sybilles, originaires d'Asie, A. 137.

Synesius, M. I. 207, 573.

Systême des anciens, ou de Ptolémée, A. 56; M. I. 188. Des Egyptiens, A. 57 & 170. De Pythagore, 211 & 214. De Platon, 234. Ptolémée s'excuse de la complication du sien, M. I. 195. Il en sentoit l'insuffisance & l'imperfection, 196. Averroës commence à en montrer les défauts, 241. Alpetragius donne l'exemple d'en proposer un autre, 243. Celui de Tycho, 416. De Descartes, M. II. 181. Objections, 190. Objections de Newton, 553.

Systême, vrai systême du monde, A. 58. Connu, dit-on, des Indiens, 116. De Numa, 194, 336. D'Anaximandre, 208. De Pythagore, 213, 446. De Philolaüs, & renouvelé par lui, 220, 440. Connu de Platon, 234, 459. D'Aristarque, M. I. 22. Ce n'étoit alors qu'une opinion, 23. N'a point été adopté par Apollonius de Perge, 46. Copernic, en le rétablissant, devoit éprouver des difficultés, 336. Raisons qui démontrent que c'est le vrai systême du monde, 345, 351. Long-tems combattu, 347, 365, N'est point adopté par Tycho, 413, mais par Kepler. Il vit que le centre des forces devoit être dans la plus grande planete, II. 57. Le vrai systême du monde affermi par Descartes, 205. Idées de Hook, 464.

Systême de Newton, M. II. 473 & suiv. Eut d'abord de la peine à

s'établir, 579, 637. Généralement confirmé & adopté, III. 155.
Systêmes, sont utiles, M. I. 334; II. 207.
Systêmes d'étoiles, M. II. 687. Peuvent se mouvoir autour de quelque grand corps, III. 266.

T

TABLES astronomiques. Celles des Indiens sont très-exactes; ils en ont de différentes, A. 114. Les Chinois en ont eu, dit-on, du tems de Fohi, 119. Égyptiennes, 168, 415. Etoient peut-être les mêmes que celles des Indiens, 415. Tables du soleil par Hypparque, M. I. 88; & des planetes par Ptolémée, 188, 561. D'Albategnius, 231, 502. D'Arzachel, 236. Des anciens Perses, 252, 505. Ilekaniques, 255, 606, 608. D'Ulug-Beg, 258, 611. Alphonsines, 299. De Copernic, 356. Tables Prussiennes de Rheinhold, 367. Du soleil par Tycho, 405. Tables Rudolphines, M. II. 95, 125. Danoises, 141. Carolines, 214. Du soleil par D. Cassini, 315. Des satellites de Jupiter par Dominique Cassini, 335. Des réfractions par D. Cassini, 361. Des satellites de Jupiter par Pound, 592. De la Hire, 630. Premières Tables dressées sur la théorie de Newton pour la lune, 632. Du soleil par Louville, 633. Des satellites de Jupiter par M. Wargentin, III. 70. Des réfractions par M. de la Caille, 93. De la lune par M. Clairaut & M. Maïer, 155. Du soleil par M. de la Caille, 170.
Tachard (le Pere) M. II. 375.
Taches du soleil, découvertes par Galilée, M. II. 39. Simon Marius prétend aussi les avoir vues le premier, 103. Jean Fabricius paroît être le premier, 104, 107. Le pere Scheiner, autre concurrent, 104. Il les prend pour des planetes, 105. Galilée les regarde comme le produit de la substance du soleil, 106. De Jupiter, *voyez* Bandes, de Mars, 166. De la lune; Riccioli leur donne les noms des Astronômes, 219. Hévélius en voit dans les cometes, 241. De Jupiter, observées par Dominique Cassini, 317. Idées sur les Taches de la lune, 387. De Saturne, 402. Des satellites de Jupiter, 450. Variables de Jupiter, 602. De Mars, 603. Soupçonnées dans Mercure, 605. Opinions sur la nature de celles du soleil, 694.
Tact, l'Astronomie s'est perfectionnée par une espece de tact, M. I. 53.
Tarde, M. II. 145.
Tangentes, leur usage commence dans le calcul astronomique, M. I. 366.
Taureau, premier des signes, A. 73, 315 & 317. Constellation la plus anciennement observée, 477. Connue

en Amérique, M. I. 287. Il n'est pas sûr qu'il ait été placé dans le ciel pour annoncer le labourage, M. III. 284. Son culte a la même origine que celui de la Vache. Il peut venir de Scythie, 286. Quand il annonceroit le labourage, ce ne seroit pas une institution de l'Egypte, 287.

Tchang-Heng, M. I. 623.

Télescope. Roger Bacon paroît ne l'avoir pas connu, M. I. 303. On a soupçonné que les anciens l'avoient connu, 304. Fracastor a été près de son invention, 331. Découvert par hasard, M. II. 83. Galilée en est en quelque sorte l'inventeur, 85. Kepler le perfectionne; il invente le télescope biconvexe, 96. Explication de cet instrument, 97. Le télescope n'est réellement qu'un microscope, 101. Limites de son effet, 102. Le biconvexe renouvelé par le Pere de Rheita, *ibid.*, 148. Moyens de Descartes pour perfectionner les télescopes, 199. Verres travaillés par Huyghens, 227; par Campani & d'autres, 253. Incurvation des images, remarquée par Grégori, 254. Aberration ou Iris, *ibid.* Leur perfection imaginaire & supposée par Hook, 255. Equipages pour les mouvoir, 257. Appliqués aux instrumens, 270. Cette invention trouve des contradicteurs, 275. Son usage, 283. Télescope de 140 pieds, 454. Newton découvre la cause des iris, il invente le télescope de réflexion, 558. Cassegrain l'a aussi inventé, 570. Celui de Gregori, 571. Le Newtonien construit par Hadley, 572. Idée de M. Euler pour perfectionner ceux de dioptrique, III. 115. Leur perfection pourroit causer une révolution dans l'Astronomie, 342.

Têms, la comparaison des tems des passages des astres donne leur différence d'ascension droite, M. I. 375. Tycho trouvoit au contraire le tems par l'ascension droite, 400. Distinction du tems moyen & du tems vrai, M. II. 429. Comparaison des tems avec les espaces, III. 139.

Terre, sa rondeur découverte, A. 31. Confirmée par les éclipses de lune, 51. Connue en Egypte, 167. De Pythagore, 217. Son mouvement annuel connu des Indiens, 116. Les Chaldéens la comparent à un bâteau, 138, 366. Terre plate, 520. Sa mesure, *voyez* mesure. Son mouvement, sa rotation connus de quelques Philosophes Grecs, 221. En équilibre au milieu du monde par le principe de la raison suffisante, 229. L'idée de son repos a suspendu toutes les connoissances astronomiques, M. I. 193. Son mouvement connu à la Chine, 272; a trois mouvemens, suivant Copernic, 354. C'est par son mouvement autour du soleil que nous connoissons

l'univers, 359. Tycho lui refuse ce mouvement, 414. Son mouvement enseigné par Aristarque, 453. Comparée à un aimant, II. 61. Galilée soutient son mouvement, 129; & Gassendi, 173. Morin le combat, 175. Descartes le place enfin au rang des vérités, 208. Son applatissement, 512. Elle est un sphéroïde, 519. A été primitivement fluide, 535. On a cru qu'elle tournoit autour de la lune, 605. A un hémisphère plus pesant, suivant Gregori, 655. Son mouvement démontré par l'aberration des étoiles, 676. A été liquide & brûlante, 720. Son réfroidissement, 727. M. de Maupertuis & M. Bouguer cherchent à déterminer sa figure, III. 8. On propose d'aller la mesurer à l'équateur, 11; & au pôle, 13. N'est point homogène, 43. N'est point, selon quelques philosophes, un sphéroïde elliptique, 46. Cette figure est cependant la plus vraisemblable, suivant M. Clairaut & M. de la Place, 49. Est dérangée par Jupiter, par Vénus & par la lune, 170. Théorie de M. Clairaut, de M. Euler, *ibid.* Elle a pu déranger la comete de 1759, 195. Sa rotation est-elle uniforme, 227. Auroit pu être dérangée par la comete de 1759,

Tétraëteride, A. 237.
Thadée Hagecius, M. I. 375, 411.

Thalès, chef de la philosophie Ionienne, premier Astronôme Grec, A. 196. Connut le cours du soleil, 438.
Thebes, Héliopolis, premier séjour de l'Astronomie en Egypte, A. 161, 396. Ses habitans établissent l'année de 365 jours un quart, 161, 399.
Thebith, Astronôme Arabe, M. I. 226, 587, 591.
Théodore de Beze, M. I. 383, 427.
Théodose, Géometre, M. I. 118, 492.
Théon le vieux, M. I. 134, 504.
Théon le jeune, M. I. 207, 570.
Théophraste, historien de l'Astronomie, A. 248.
Théorie, explication des phénomènes, troisieme objet de l'Astronomie, A. Discours prélim. p. viij. Platon, 236. Eudoxe, 239. Autolicus, sont les premiers Grecs qui s'en sont occupés, 465. Ptolémée, M. I. 188, 547, 552. Purbach, 309. Fracastor, 323. Copernic, 350, 360. Tycho, 416. Andromaque de Crête, 503. Elémens de celle des planetes, M. II. 292. Méthode fondamentale de D. Cassini, 315. Elle confirme la première loi de Kepler, 474. La seconde, 475. La troisieme, 485. Des planetes, examinée par la Hire & par Maraldi, 581. Peut donner à peu près les distances & les parallaxes, III. 122. Des verres achromatiques, 118.

Thius, Astronôme, M. I. 207, 575.
Thot, *voyez* Mercure.
Timée de Locres, M. I. 486.
Tiresias, A. 187.
Titans, géans nés dans le nord, A. 324.
Toaldo, M. III. 132.
Tofino, M. III. 132.
Toise, comparée au pendule, M, II. 347. En devroit être le double, 356.
Toit tournant, M. II. 279.
Toledannes (Tables) M. I. 236.
Torneo, on y mesure un degré du méridien, M. III. 15.
Torquetum, instrument, M. I. 372.
Tourbillons de Descartes, M. II. 185. Objections, 190. Les cometes rétrogrades les détruisent, 552. Objections de Newton, 553. M. de Mairan les corrige, 644.
Tour de Babylone, A. 143, 393.
Tours qui marquent les douze lunes au Pérou, comme les douze palais de la Chine, M. I. 285.
Transversales, leur usage, introduit dans les instrumens, M. I. 367.
Trembley (Jean) M. III. 132.
Trépidation, prétendu mouvement des étoiles, M. I. 227.
Trew (Abdias) M. II. 208.
Triangles, on mesure les distances par des triangles, M. I. 343, 451.
Trigones astrologiques, M. II. 6.
Trigonométrie, M. I. 115. Geber la perfectionne, 602.
Triquetron, instrument de Ptolémée, M. I. 175.
Troie, prise de Troie, A. 424.
Tropiques, leur découverte, A. 39; M. II. 290.
Trudaine de Montigny, M. III. 126.
Tsang-se-sin, M. I. 627.
Tsay-yong, M. I. 624.
Tse-ma-tsien, M. I. 617.
Tsieki, division du zodiaque & de l'année à la Chine, M. I. 618.
Tubes, leur usage singulier & ancien dans l'Astronomie, M. I. 304. Ont servi peut-être à compter les étoiles, 555.
Tycho-Brahé, M. I. 377. Se place à la suite de Ptolémée, d'Albategnius & de Copernic, 378. Sa gloire, 421. Son exil, 422. Sa mort, 424. Ses observations imprimées, M. II. 144. Cité, 390, 653.
Tycho, tache de la lune, M. II. 387.
Tymocharis, Astronôme Grec, M. I. 8. Ses ouvrages sont perdus, 12, 444, 446.

V

Valesius, M. I. 386.
Van-Swinden, M. III. 132.
Varela, M. III. 132.
Varignon, M. III. 267.
Varro (Michel) Génevois, M. II. 78.
Varron, M. I. 129, 495.

Veigel, M. II. 678.
Vendelinus (Godefroy) M. II. 158.
Vénus, son vrai mouvement connu des Egyptiens, A. 57, 170. Planete connue de Pythagore, 210. C'est lui peut-être qui a conservé la connoissance de ce vrai mouvement, *ibid.* Fait ombre derrière les corps, 246. Silence de Ptolémée sur ce mouvement, 412. Hypothèse de cet Astronôme sur cette planete, M. I. 191, 551. Raison de ce silence, 196. Alpetragius lui donne une lumière propre, 244. A servi à faire l'observation intermédiaire, 398. Ses phases observées, M. II. 94. Passage qui n'a point lieu, 152. Premier passage observé, 153. Sa rotation, 321. Ses passages donnent la parallaxe du soleil. Méthode de Halley, 437; de M. de Lisle, III. 105. Voyages pour le passage de 1761, *ibid.* Résultats, 106. Voyages pour le passage de 1769, 107. Résultats, 108. Sa théorie rectifiée par M. de la Lande, 131. Ses dérangemens, 171.
Verbiest (le Pere) M. II. 375.
Verdun de la Crene, M. III. 112.
Vérification des instrumens, *voy.* instrumens, M. I. 298.
Vernier, perfectionne la division de Nonnius, M. I. 369.
Verres, grossissent les objets, M. I. 303, 601. Leurs effets expliqués, II. 97. Verres hyperboliques, 199. Comment on travaille les verres sphériques, *ibid.* Combinés avec des liqueurs par Hook, 256; par M. Euler, III. 115. Achromatiques de M. Dollond, 118. Théorie de M. Clairaut & de M. d'Alembert, *ibid.* Objectifs à trois verres, de M. Dollond le fils, 119. Dimensions calculées par M. Jeaurat, *ibid.* Ces verres n'ont pas été perfectionnés comme on l'espéroit, 120. Prix proposé par M. Trudaine de Montigni, *ibid.*
Vetavan, mesure, M. I. 515.
Vide, les espaces de l'univers sont vides de matière, suivant Newton; M. II. 502; ils sont plus vides encore qu'un tuyau purgé d'air, 609. Le vide absolu ne peut cependant exister, III. 236.
Viete, M. II. 169.
Vilkins, M. II. 157.
Vîtesse, idée de la vîtesse, M. II. 65. Vîtesse angulaire, 66. Mesure de la vîtesse, 462; III. 139.
Vitruve, M. I. 129; 500.
Ulacq, M. II. 111.
Ulloa (Don Antoine) M. III. 18.
Ulug-Beg, M. I. 258, 611. Restaurateur de l'Astronomie chez les Usbeks, *ibid.*
Univers, *voyez* Monde.
Voie lactée, est la réflexion des rayons du soleil, suivant Anaxagore, A. 204. Ancienne route du soleil, 222, 252.

Produite par la lumière des étoiles, 230. Météore, suivant Aristote, 245. Jonction des deux hémisphères, suivant Théophraste, 248. Est toujours nommée voie ou chemin, 473. Galilée confirme l'opinion qu'elle est un amas d'étoiles, M. II. 90. On ignore sa nature, III. 261.
Volcans soupçonnés dans la lune, M. II. 387.
Upey, M. III. 132.
Upsal, son Académie, M. II. 678.
Uranibourg, observatoire de Tycho, M. I. 389. N'existoit plus au tems de Picard, II. 353.
Uranus, n'est point un emblême, A. 5, 288. Son âge, 9. Son histoire, 286.
Ursinus, de Brandebourg, M. II. 111.
Utilité de l'Astronomie, A. Discours préliminaire, p. xj.

W

Wales, M. III. 133.
Walmesley (le pere) M. III. 171, 176, 206, 228.
Wallis, M. II. 653; III. 62.
Waltherus, M. I. 313. Reproche qu'on lui fait, 319.
Wargentin, M. III. 67, 69, 101, 131, 132, 231.
Whiston, A. 509.
Willard, M. III. 133.
Wilson, M. III. 133.
Wing, M. II. 213.
Wintrop, M. III. 222, 133.
Wren, M. II. 445.
Wricht, M. II. 632.
Wurtzelbaur, M. II. 678.

X

Xenophanes, A. 228.
Ximenès (le Pere) M. III. 132.

Y

Yao, Empereur Chinois, A. 124. Son époque mal déterminée par Dominique Cassini, 348.
Y-Hang, Astronôme Chinois, M. I. 276, 628.
Ymer, Géant, A. 324.
Yu-Chi, Astronôme Chinois, A. 120.

Z

Zahel, M. I. 603.
Zanotti, M. III. 101, 131, 132.
Zenon, A. 462.
Zodiacale, lumière, M. II. 411. Elle étincelle, on la croit formée de satellites, 413. Dominique Cassini la croit une dépuration du soleil, comme ses taches, 414. Il juge qu'elle est l'atmosphère du soleil, 415.
Zodiaque, sa découverte, A. 45. Divisé d'abord en vingt-sept ou

vingt-huit parties, *ibid.* 475, 476; puis en douze, 46; en deux, en quatre, en trente-six parties, 446. Ne renferma d'abord que des animaux; les figures d'hommes n'y ont été introduites que plus tard, 46. Sa division en douze signes est antérieure au déluge, 74. Sa double division connue des Indiens, 109; des Chinois, 126; des Perses, 130. Divisé en douze signes en Chaldée, 138. Ressemblances du zodiaque indien & du zodiaque égyptien, 157. Ses divisions indiquées en Ethiopie par Hermès, 160. Sa subdivision de dix en dix degrés, *ibid.*, 496. Sa première division fut exécutée, lorsque l'équinoxe du printems répondoit au premier degré des gémeaux, 73, 315, 316, 479. Notion du zodiaque dans le Livre de Job, 478. Zodiaque mobile des Indiens, 481. Epoque soupçonnée de son établissement, 482, 484. Division du zodiaque faite par la chûte de l'eau, 484. Est l'origine du partage de l'année en vingt-quatre mois, 486. Zodiaque indien, 487. C'est l'original; le nôtre en est une copie, 488. Zodiaque des Arabes, 491; des Perses, 492; des Siamois, *ibid.*; des Chinois, 491; des Egyptiens, 494, 496. Les Indiens & les Siamois commencent leur zodiaque à un point non remarquable, 482, 492. Celui des Chinois commence à l'Epi de la Vierge, 493. Subdivision en cent huit parties dans l'Egypte & dans l'Inde, 496. Divisé d'abord en Asie, 499. Le zodiaque du Pere Kirker est suspect, peut-être mal à propos, 500. Zodiaque fait pour l'Astrologie, 503. Ne paroît point dû aux Egyptiens, 504. Zodiaque trouvé à Rome, *ibid.*; à Acmin, 505. A toujours eu douze signes, & peut n'avoir eu qu'onze constellations, 499. Zodiaque chrétien, M. II. 150. Les cometes n'en ont pas, 646. Zodiaque, systême de M. Dupuis sur la position de ses constellations, III. 278. Distinction des signes & des constellations, 279. Zodiaque anciennement connu & divisé, 280. Selon M. Dupuis, ce fut au tems où la Balance étoit dans l'équinoxe du printems, *ibid.* On y a caractérisé d'abord le mouvement solaire, ensuite son influence sur l'agriculture, 282. On y retrouve les institutions de la vie patriarchale, 286. Il paroît avoir été divisé dans le Nord de l'Asie, 287. Il l'a été par le mouvement du soleil, en deux & en quatre parties, 288. On ignore quand les signes caractéristiques du mouvement du soleil ont été introduits, 290. Les noms de ces signes ont pu être arbitraires, 291. Ils ont pu être confondus & transposés, *ibid.*

Les Indiens & les Chinois ont un zodiaque rationel, partagé en douze portions égales, & un zodiaque sensible orné d'étoiles & partagé en vingt-sept constellations, 303. Celle-ci relative à la lune, est la plus ancienne, 304. Celle en douze signes, relative à l'année, est postérieure, *ibid.* Ils ne connoissent que la division en vingt-sept ou vingt-huit constellations ; celle de douze n'existe pas chez eux, 307. La première établie, la seconde auroit été superflue, *ibid.* Notre division en douze constellations, est due sans doute aux Chaldéens, 309.

Zônes, la terre divisée en zônes par Thalès, A. 196 ; par Parmenides, 229, 457. Zônes tempérées, seules favorables aux progrès des sciences, M. I. 7.

Zoroastre, étranger à Babylone. Son âge, A. 132, 358. Deux Zoroastres, *ibid.* Passage de ses livres, 392.

Zucchi, M. II. 165.

Zupi, M. II. 143, 166.

Fin de la Table.

EXTRAIT

Des Regiſtres de l'Académie royale des Sciences, du 17 Avril 1782.

Messieurs de Fouchy, le Gentil, le Roy, Caſſini le fils, du Sejour, & Couſin, ayant rendu compte à l'Académie du troiſieme volume de l'Hiſtoire de l'Aſtronomie moderne par M. Bailly, l'Académie a jugé cet ouvrage digne de ſon approbation & de paroître ſous ſon privilege : en foi de quoi j'ai ſigné le préſent certificat. A Paris, le 17 Avril 1782.

Marquis de Condorcet.

00053263

Digitized with financial assistance from the
Government of Maharashtra
on 02 July, 2018